

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

par

BERNARD TROUVELOT

Ingénieur-agronome,

Préparateur à la Station Entomologique de Paris.

1^{re} Thèse. — RECHERCHES DE BIOLOGIE APPLIQUÉE SUR LA TEIGNE DES
POMMES DE TERRE ET SES PARASITES.

Considérations générales sur l'utilisation des Insectes ento-
mophages en Agriculture.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 13 Juin 1924 devant la Commission d'examen

MM. RABAUD *Président*

F. PICARD
GUILLIERMOND } *Examineurs*

MAURICE-MENDEL

ÉDITEUR

58, rue Claude-Bernard. PARIS-V^e.

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

pour obtenir

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

par

BERNARD TROUVELOT

Ingénieur-agronome,

Préparateur à la Station Entomologique de Paris.



1^{re} Thèse. — RECHERCHES DE BIOLOGIE APPLIQUÉE SUR LA TEIGNE DES POMMES DE TERRE ET SES PARASITES.

Considérations générales sur l'utilisation des Insectes entomophages en Agriculture.

2^e Thèse. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 13 Juin 1924 devant la Commission d'examen.

MM. RABAUD Président

F. PICARD }
GUILLIERMOND } Examineurs

MAURICE-MENDEL

EDITEUR

58, rue Claude-Bernard, PARIS-V^e.

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... MOLLIARD, *Professeur*, Physiologie végétale.

Doyen honoraire..... P. APPELL.

Professeurs honoraires.....
 P. PUISEUX.
 VÉLAIN.
 BOUSSINESQ.
 PRUVOT.

Emile PICARD	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
KÖENIGS	Mécanique physique et expérimentale.
GOURSAT	Calcul différentiel et calcul intégral.
HALLER	Chimie organique.
JOANNIS	Chimie (Enseignement P. C. N.).
JANET	Electrotechnique générale.
WALLERANT	Minéralogie.
ANDOYER	Astronomie.
PAINLEVÉ	Mécanique analytique et mécanique céleste.
HAUG	Géologie.
H. LE CHATELIER	Chimie générale
Gabriel BERTRAND	Chimie biologique.
M ^{me} P. CURIE	Physique générale et radioactivité.
CAULLERY	Zoologie (Evolution des êtres organisés).
C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
G. URBAIN	Chimie minérale.
Emile BOREL	Calcul des probabilités et Physique mathém.
MARCHIS	Aviation.
Jean PERRIN	Chimie physique.
ABRAHAM	Physique.
CARTAN	Mécanique rationnelle.
LAPICQUE	Physiologie.
GENTIL	Géographie physique.
VESSIOT	Théorie des groupes et calcul des variations.
COTTON	Physique générale.
DRACH	Application de l'analyse à la géométrie.
C. FABRY	Physique.
Charles PÉREZ	Zoologie.
LEDUC	Physique théorique et physique céleste.
Léon BERTRAND	Géologie appliquée et géologie régionale.
DANGEARD	Botanique.
LESPIEAU	Théories chimiques.
RABAUD	Biologie expérimentale.
PORTIER	Physiologie comparée.
MAURAIN	Physique du globe.
MONTEL	Mathématiques générales.
WINTREBERT	Botanique.
DUBOSCQ	Biologie maritime.
N.	Géométrie supérieure.
HÉROUARD	Zoologie.
Rémy PERRIER	Zoologie (Enseignement P. C. N.).
SAGNAC	Physique théorique et physique céleste.
BLAISE	Chimie organique.
PÉCHARD	Chimie (Enseignement P. C. N.).
AUGER	Chimie analytique.
M. GUICHARD	Chimie minérale.
GUILLET	Physique.
JULIA	Mathématiques générales.
MAUGUIN	Minéralogie.
BLARINGHEM	Botanique.
MICHEL-LÉVY	Pétrographie.

Secrétaire..... DANIEL TOMBECK.

AVANT-PROPOS (1)

L'étude des causes favorisant ou limitant la pullulation des espèces, c'est-à-dire l'étude des facteurs réglant leur équilibre à la surface du globe, est une des plus importantes de la biologie, tant au point de vue des connaissances générales que de leurs applications. En particulier, elle intéresse au plus haut point les sciences agronomiques : la culture et l'élevage considérés dans leur acception la plus large, consistent en effet à avantager certaines plantes ou certains animaux par leur mise dans un milieu favorable à leur prospérité et défavorable à celle de leurs agresseurs et de leurs concurrents. L'agronomie est la science de la modification de l'équilibre des espèces au profit de quelques-unes (2).

Envisagées ainsi à un point de vue purement biologique, nos recherches sur les moyens nous permettant de réduire les dégâts commis par la Teigne des Pommes de terre en France, tout en restant dans le cadre des possibilités économiques, ne sont autres que l'étude de l'évolution dans un milieu particulier d'un petit complexe biologique formé par les espèces : Pomme de terre, Teigne des Pommes de terre et agresseurs divers de la Teigne. Connaissant les interactions liant entre eux ces différents éléments, nous chercherons les modifications à apporter au milieu pour faire varier leurs positions d'équilibre respectives et, en particulier, pour favoriser la pullulation de la Pomme de terre et des agresseurs de la Teigne, et défavoriser celle de la Teigne. En un mot, nous nous proposons d'étudier l'influence des variations de milieu sur la pullulation d'un insecte; nous cherchons à établir quelle peut être l'évolution numérique de la Teigne dans le temps, ainsi que la façon dont nous pouvons agir sur elle (3).

À ce titre d'étude agronomique reposant essentiellement sur des recherches de biologie générale et expérimentale et sur les encouragements de MM. RABAUD et PICARD, nous présentons ce travail devant la Faculté des Sciences de Paris comme thèse de doctorat ès-sciences naturelles. M. RABAUD,

(1) Cet Avant-propos n'ayant pas paru dans les *Annales des Epiphyties*, se trouve réuni avec certaines de nos conclusions générales, en une petite brochure intitulée : *Considérations générales sur les Sciences biologiques appliquées à l'Agriculture* (Entomologie) (M. Mendel, édit., Paris.)

(2) Souvent nous complétons les modifications du milieu par des modifications de l'espèce à cultiver ou à élever. Par sélection ou hybridations nous recherchons des individus ou des familles particulièrement aptes à utiliser le nouveau milieu constitué. Les modifications obtenues sont d'ailleurs rarement fixes; elles doivent être maintenues par reproduction asexuée, consanguinité ou sélection suivie, car la concurrence vitale ou l'hybridation les élimineraient rapidement. Certaines modifications ne sont apportées qu'aux individus seuls, telles sont par exemple celles obtenues par la taille ou le greffage.

(3) Nous prenons ici le terme « variations » dans son acception la plus large. Nous ne lui faisons impliquer aucun sens de fixité ou non fixité des modifications se présentant.

professeur de Biologie expérimentale, eut l'obligeance d'examiner ce mémoire comme président de jury, qu'il nous soit permis de lui présenter ici l'expression de notre très vive gratitude.

Remarques sur le milieu. — Nous aurons souvent à considérer le « milieu », soit pour l'étude de son influence sur la pullulation des espèces, soit pour celle des modifications à lui apporter. Le milieu que nous envisageons ici, la « région cultivée », étant assez spécial, il importe de bien connaître ses caractères principaux; nous les rappellerons brièvement tout d'abord.

La région cultivée est un milieu artificiel que l'homme a constitué au fur et à mesure de ses besoins par modification progressive d'un milieu primitif : la nature sauvage. Dans la nature sauvage, les diverses espèces animales ou végétales se limitent rapidement les unes les autres dans leur pullulation; elles finissent par s'équilibrer entre elles, pour se stabiliser autour d'une position d'équilibre général (1). Chaque espèce est ainsi conduite à un taux d'abondance numérique propre autour duquel elle oscille plus ou moins régulièrement. Le complexe biologique, dans son ensemble, oscille, lui aussi, autour d'une position vers laquelle il tend à revenir dès qu'il en est écarté; cette position moyenne est à peu près fixe dans le temps, au moins pour les durées que seules nous savons encore apprécier (2).

Les éléments du complexe biologique sont rendus solidaires les uns des autres par une multitude d'interactions biologiques plus ou moins étroites, directes ou indirectes, simples ou multiples; les plus importantes de ces interactions sont : le parasitisme, la dépendance alimentaire, la concurrence vitale, le commensalisme et la symbiose. Aussi toute action sur un élément se répercute de proche en proche sur de nombreux autres; toute modification d'un équilibre biologique élémentaire entraîne une modification corrélative plus ou moins profonde dans l'équilibre général du complexe.

Lorsque nous désirons cultiver un végétal, nous modifions le milieu primitif dans lequel il vivait et nous le transformons en un nouveau dans lequel les éléments qui favorisent la croissance de ce végétal deviennent plus actifs, et ceux qui la restreignent, moins importants. En un mot nous opérons par modification des éléments qui règlementent, soit le taux de pullulation de l'espèce, soit la prospérité de ses individus. Nous procédons le plus souvent en premier lieu par enrichissement du sol, par élimination des

(1) Comme étude de l'équilibre des espèces faite dans la nature sauvage citons les fort intéressantes recherches de E. RABAUD, réunies dans le travail « Essai sur la vie et la mort des espèces » (*Bull. Biolog. France et Belg.* Fasc. 4, 1912).

(2) Cette position moyenne se déplacerait pourtant au cours des périodes géologiques suivant les modifications de climats et de répartition des terres et des mers; la paléontologie, l'étude des distributions géographiques nous le montre. D'ailleurs il nous est facile de voir que des variations fort importantes sont possibles dans l'équilibre actuel et se réaliseraient à la suite de changements géographiques; par exemple les faunes de l'Amérique du Nord et de l'Europe sont assez différentes les unes les autres et il ne suffirait que d'une communication terrestre réunissant les deux continents pour amener des échanges d'éléments, des invasions et finalement des modifications profondes dans les états d'équilibre des faunes des deux continents. Des réalisations partielles apportées accidentellement par l'Homme l'indiquent.

concurrents et par concentration artificielle des individus. Ce sont là ce que nous pouvons appeler les façons culturales fondamentales.

Mais ces premières modifications fondamentales du milieu entraînent, par répercussions successives, des variations secondaires de l'équilibre général souvent fort importantes, et avec lesquelles il nous faut alors compter; elles limitent les résultats que nous escomptions à la suite des premières mesures prises. En particulier, les facteurs naturels qui réglaient primitivement le taux de pullulation des insectes s'attaquant au végétal qui vient d'être mis en culture se trouvent être le plus souvent changés; chacun d'entre eux l'est à un degré propre; ils peuvent l'être tous ensemble ou seulement en nombre limité. Si, finalement, leur action globale s'accroît, cas assez fréquent, l'insecte en question ne passe pas sur la plante cultivée et reste cantonné sur la plante sauvage (1). Si, au contraire, elle s'abaisse, l'insecte pullule sur la plante mise en culture avec une abondance différente de celle qu'il présentait primitivement dans la nature sauvage. Il augmentera en nombre jusqu'à un nouveau taux moyen de pullulation.

Un certain nombre d'équilibres élémentaires se trouvant ainsi modifiés, à la suite de l'application des façons culturales fondamentales, il en résultera pour l'équilibre général un déplacement. Finalement les espèces continueront à évoluer comme par le passé, mais autour de nouvelles positions moyennes d'équilibre et par oscillations d'amplitude et de fréquence également nouvelles.

Trois facteurs naturels principaux limitent la pullulation d'un insecte; ce sont : le climat (2), la carence alimentaire (densité des hôtes) (3) et la lutte biologique (4). Ils peuvent agir isolément ou par groupes suivant le lieu ou l'époque considéré. Le premier d'entre eux se trouve rarement modi-

(1) Par exemple, la faune de la Vigne cultivée est assez différente de celle de la Vigne sauvage [PICARD. — Les origines de la Faune de la Vigne *F. nat.*, n° 2, 1921]. Sur les Choux sauvages croissant sur le littoral de l'Océan se rencontrent divers Lépidoptères qui n'évoluent pas sur les Choux cultivés, même sur ceux plantés dans leur voisinage immédiat, ou ne le font qu'en certains points du globe seulement. [JOANNIS (Abbé J. DE). — Sur la présence en France de *Grapholitha leplastriana* Curtis, microlepidoptère dont la chenille est nuisible au Chou cultivé. (*Bull. Soc. Ent. Fr.*, n° 17, 1918.) — CECCHI (G.). — La *Grapholitha leplastriana* Curtis, dannosa ai cavali coltivati (Portici 1913) et observations personnelles.]

(2) La Betterave, par exemple, est attaquée par beaucoup plus d'insectes dans le Midi que dans le Nord de la France. Lors d'essais faits en Camargue, des Charançons tels les Cléones vivant sur les Salsolacées sauvages se portèrent en grand nombre sur les champs de betteraves et s'y multiplièrent avec une intensité telle que les tentatives de cultures ne purent être poursuivies (PICARD). C'est une des raisons des difficultés rencontrées pour la culture intensive de ce végétal dans les pays chauds tels l'Égypte.

(3) La carence alimentaire agit surtout sous la forme de dissémination des individus, mais elle agit aussi par la nature même ou qualité de l'aliment offert; ce dernier mode a nettement été mis en relief par PICARD dans son étude sur les Insectes du Figuier. La valeur alimentaire d'un végétal dépend de l'état de végétation de ses individus et par conséquent du milieu dans lequel ceux-ci évoluent; aussi pour une même espèce la valeur alimentaire varie-t-elle à la fois géographiquement, dans le temps et avec les circonstances antérieures. L'influence de l'alimentation sur la pullulation d'un insecte se fait sentir surtout par la disette, l'empoisonnement, l'insuffisance nutritive (misère physiologique) ou la modification de la fécondité (Pucerons). Lorsque l'aliment correspond à une espèce vivante (hôte) il faut y ajouter une possibilité de résistance ou de défense physiologique de la part de celle-ci (l'hôte réagit souvent à l'attaque de l'agresseur et parvient ainsi à l'enrayer ou la diminuer; parfois pourtant la réaction se montre tout à fait indifférente vis-à-vis de l'agresseur et même lui est favorable).

(4) La lutte biologique limite la pullulation de nombreuses espèces lorsque les deux facteurs précédents font défaut. Ainsi elle permet à certains végétaux tels les Pins, les Chênes, les Hêtres de vivre naturellement en peuplements homogènes importants sans être immédiatement décimés par

fié par la culture (importation d'une plante dans des pays nouveaux à climats différents); le second est très fréquemment amoindri (cultures homogènes et denses, éliminant l'influence de la dissémination des individus de l'hôte); le troisième enfin, est, lui aussi, assez souvent diminué (1).

Un insecte phytophage, selon la nature et l'intensité des déprédations qu'il effectue, se montre nuisible ou au contraire reste indifférent, que son taux de pullulation primitif ait été modifié ou non par la mise en culture de ses plantes hôtes.

Pour diminuer l'importance des dégâts commis par un insecte, nous pouvons, soit abaisser le taux de pullulation de l'espèce, soit utiliser des

certains de leurs agresseurs se trouvant dans des conditions climatiques et de faible parasitisme favorables à leur pullulation. Elle peut agir soit comme un frein continu, soit comme un frein occasionnel lors de leurs multiplications anormales. Nous avons pris le terme de lutte biologique comme synonyme de l'expression « *Struggle for life* », car il désigne bien la nature même, le sens, de l'interaction à laquelle il se rapporte: parasitisme, dépendance alimentaire et concurrence vitale. Naturellement le mot lutte ne doit être pris que dans le sens large sans lui faire comprendre aucune idée d'action volontaire.

Le terme interaction biologique a un sens plus général que celui de lutte biologique; il réunit en effet deux modalités opposées d'action entre éléments, la lutte biologique et l'aide biologique (commensalisme et symbiose).

(1) L'action du climat est souvent peu modifiée sauf pourtant dans certains cas spéciaux tels l'introduction de végétaux dans des climats où primitivement ils ne vivaient pas. (Agressors ou concurrents trop nombreux; reproduction mal assurée.)

La carence alimentaire est souvent la plus profondément modifiée: les cultures homogènes et de grandes superficies éliminent presque totalement l'influence de la dissémination des individus; la plantation dans les sols très divers fait varier l'état physiologique du végétal (état de végétation) et détermine ainsi entre ses individus à la fois géographiquement et dans le temps, des variations importantes de résistance aux insectes; enfin nous opérons parfois sur des individus dont la nature même a été modifiée soit par une sélection, individuelle ou en famille, soit par action directe sur eux-mêmes (taille, greffe). Ainsi, par exemple, la résistance des Pommiers au Puceron lanigère, varie non seulement avec le climat et le sol, mais encore avec la variété envisagée et la forme donnée aux individus (cordon ou arbre de plein vent).

La lutte biologique est surtout changée par l'élimination des concurrents; le complexe des agresseurs est aussi profondément atteint, mais l'est très inégalement pour ses différentes parties. (Voir nos remarques générales sur l'utilisation des Insectes entomophages en Agriculture, p. 110).

— Pourtant une autre catégorie de facteurs semble s'ébaucher bien que nous ne possédions sur elle que des données fort rudimentaires; ce serait celle de facteurs biologiques internes propres à chaque espèce; elle comprendrait en particulier la capacité de multiplication. Toutes les espèces, en effet, ne semblent pas susceptibles de croître numériquement rapidement, même lorsqu'elles se trouvent dans des conditions climatiques et alimentaires favorables, et que leurs agresseurs sont peu actifs.

On est frappé du nombre relativement très restreint des espèces qui arrivent à pulluler sur les végétaux mis en culture en proportion de l'abondance alimentaire qu'ils leur offrent, par rapport à la prodigieuse variété des espèces s'attaquant à ces mêmes plantes, pouvant devenir très nuisibles de par leur mode de vie, mais qui en fait restent toujours très peu abondantes et par cela même à peu près indifférentes. La seule influence du milieu ne nous semble pas toujours suffisante pour expliquer cette limitation.

RILEY remarque que dans les Montagnes Rocheuses il existe de nombreux *Leptinotarsa* ne différant les uns des autres que par des questions de coloration ou d'ornementation. Parmi tant d'espèces paraissant biologiquement si voisines et pour lesquelles les influences du climat, de la lutte biologique et des parasites semblent si analogues, une seule, la *decemlineata* se mit à pulluler lors de l'introduction de la Pomme de terre. Les autres ne bougèrent nullement et restèrent toujours cantonnées dans leur habitat primitif y conservant en même temps le même taux d'abondance.

De l'étude que nous avons faite d'une invasion de Criquets italiens survenue en 1920 dans les environs de Paris nous avons tout lieu de croire que des facteurs autres que ceux du milieu peuvent agir.

L'invasion fut déclanchée par des conditions climatiques. (Les parasites étant peu nombreux et la carence alimentaire n'agissant pas.) Si le climat eût été le seul facteur influant sur sa marche, il eût fallu qu'il se montre non pas seulement indifférent mais encore très favorable à la multiplication de l'espèce pendant plusieurs années consécutives puisque l'invasion dura trois ans, qu'elle s'étendit progressivement sur des territoires assez vastes et surtout que la pullulation augmenta dans des proportions considérables chaque année, au lieu de rester à peu près stationnaire après la première. Or, ces conditions favorables semblent des plus particulières puisqu'elles n'apparaissent que très rarement (soixante-dix ans au moins pour cette région) et encore sur quelques kilomètres carrés seulement pour un très vaste territoire. Il paraît difficile qu'elles aient pu se maintenir sur le même lieu pendant plusieurs années consécutives, gagnant seulement chaque année un peu de terrain. Il semble plutôt qu'elles n'aient fait que donner une impulsion à un insecte capable de se multiplier (les autres Orthoptères vivant sur le même terrain ne bougèrent pas); puis devenant indifférentes,

végétaux le supportant sans avoir à en souffrir; le premier procédé est le plus employé, le second est souvent difficile à utiliser, bien qu'actuellement il soit de plus en plus fréquemment envisagé (1).

Nous obtenons une réduction du taux de pullulation d'un insecte par modification du milieu, comme pour les plantes, mais en opérant d'une façon inverse; nous cherchons pour l'insecte à augmenter l'importance des facteurs limitateurs naturels. Les modifications ainsi apportées, en raison de leur but s'appellent : modifications complémentaires; elles correspondent à l'emploi de façons culturales dites complémentaires.

Par ces façons culturales complémentaires nous cherchons, soit à faire réapparaître les facteurs limitateurs naturels des insectes éliminés ou amoindris lors de l'apport des façons fondamentales, soit à augmenter l'importance de certains d'entre eux qui se montrent naturellement de peu de valeur. Les facteurs se rattachant à la carence alimentaire sont ceux sur lesquels nous opérons le plus souvent; les premiers envisagés, ils jouent encore actuellement un rôle prépondérant dans l'économie agricole. Leur utilisation repose surtout sur l'emploi de variétés spéciales (2), d'assolements ou rotations de culture, de cultures entremêlées et de détails de culture particuliers (3).

elles laissèrent le mouvement produit, s'amplifier, se développer. Ce ne fut que trois ans après, qu'apparaissant brusquement défavorables indirectement, que ces conditions climatiques agirent à nouveau; elles déterminèrent l'extinction de la pullulation anormale qu'elles avaient provoquée chez le Criquet Italien.

Remarquons tout de suite que toutes les invasions de Phytophages ne rentrent pas dans cette catégorie; ainsi, d'autres sont par exemple en rapport avec des variations dans l'action des parasites. (Voir p. 87.)

Il semble bien y avoir chez les espèces des aptitudes très différentes à la pullulation. Certaines présenteraient en puissance une grande capacité de multiplication; laquelle se développerait le jour où l'aliment abonde. Pour quelques-unes il pourrait y avoir même variation plus ou moins cyclique dans le temps de cette capacité, avec parfois déclenchement sous l'influence de conditions extérieures diverses. ROUBAUD a montré que l'état physiologique d'une espèce chez certains Diptères n'est pas constant dans même une lignée il varie périodiquement, d'où nécessité pour les individus apparaissant après un certain nombre de générations de passer par des phases de repos plus ou moins prolongées pour désintoxication ou épuration de leur organisme. Chez les Hyménoptères nous savons que des individus aberrants se présentent toujours assez capricieusement dans une même descendance et entre les différentes lignées, le milieu n'agissant que partiellement sur leur apparition. (Voir p. 112.)

UVAROV observe chez les Acridiens migrants des cycles s'étageant sur plusieurs années, cycles correspondant à des modifications lentes d'état physiologique entraînant même des répercussions anatomiques et biologiques dans ces espèces: ces variations de grande amplitude se produisent ici synchroniquement chez un grand nombre d'individus; elles seraient en rapport avec le milieu initialement seulement.

Il serait intéressant de connaître dans quelle mesure ces différentes variations d'état physiologique influent sur la fécondité ou l'aptitude à la pullulation des espèces. Nous n'avons des documents que pour certaines reproductions parthénogénétiques accidentelles ou cycliques obligatoires. [Chez certains Pucerons par exemple, le taux de la ponte parthénogénétique s'abaisse régulièrement au fur et à mesure de l'éloignement des femelles de la génération sexuée. (HENNEGUY.)]

ROUBAUD (E.). Etude sur le sommeil d'hiver préimaginal des Muscides. (Bull. biol. Fr. et Belg. t. LVI 1922).

UVAROV (B. P.). — Quelques problèmes de la Biologie des Sauterelles. (Ann. Epip. n. 2, 1923.)

TROUVELOT (B.). — Etude de l'invasion de Criquets italiens apparue en Seine-et-Marne, 1921 1922. (Bull. Soc. Path. Vég. et Entom. Agr. — Congrès Strasbourg 1923.)

(1) Voir à ce propos la note (2)

(2) Il y a deux catégories de végétaux résistants aux insectes; il importe de bien les séparer. L'une groupe les plantes qui peuvent supporter les insectes à un taux de pullulation fort élevé sans avoir à en souffrir d'une façon grave (vignes américaines pour le Phylloxera par exemple), l'autre les plantes qui pour des raisons d'ordre anatomique ou physiologique ne laissent ces insectes se multiplier sur elles qu'en très petit nombre et par conséquent d'une façon peu dangereuse. (Variétés de Pommiers pour le Puceron lanigère par exemple; variétés hâtives de Poirier pour la Cécidomyie des Poirettes.)

(3) Bien que les assolements jouent un rôle des plus considérable dans la multiplication des Insectes nuisibles, leur technique d'emploi est encore très peu connue. Les procédés sont souvent

Dans d'autres cas, lorsque la lutte biologique s'est trouvée éliminée et que c'était elle qui jouait antérieurement le rôle limitateur principal, nous parvenons actuellement, par des techniques habiles, à la faire revenir à peu près totalement en action. Le climat est plus difficile à utiliser, bien que nous l'employons parfois d'une façon indirecte en introduisant par exemple les plantes dans certaines régions de leur aire de vie possible où elles se maintiennent difficilement à l'état naturel en raison de la concurrence vitale, mais dans lesquelles elles se multiplient plus vite et où leurs individus prennent un développement plus important; il peut en effet arriver que dans de telles régions les agresseurs de ces végétaux se montrent moins nombreux ou moins actifs (1).

Les façons culturales complémentaires modifient à leur tour le premier état d'équilibre artificiel obtenu par l'application des façons fondamentales et l'acheminent progressivement vers des positions plus avantageuses encore à notre égard. L'entomologie appliquée a pour but l'étude technique de certains de ces déplacements complémentaires à apporter au complexe biologique.

Par ces améliorations successives, l'Homme parvient à constituer le milieu biologique si particulier dans lequel il opère actuellement en agriculture, la région cultivée; l'équilibre des espèces s'y montre tout à fait instable, aussi doit-il être constamment maintenu par des mesures artificielles.

Si des plantations homogènes d'un même végétal devinrent possibles, condition fort avantageuse pour nous opérer, il fut par contre reconnu le plus souvent indispensable de les limiter à des superficies élémentaires assez réduites : le champ; et de varier d'un champ à l'autre la culture effectuée et dans un même champs la changer tous les ans. Aussi, la région cultivée présente-t-elle ce caractère fort spécial d'être formée par une juxtaposition de parcelles très différentes de nature les unes des autres et variant chacune plus ou moins cycliquement dans le temps. De constants échanges se produisent entre elles toutes et les rendent solidaires les unes des autres (2).

d'établissement empirique, d'origine très ancienne, mais leur interprétation manque fréquemment. Citons comme exemple étudié celui de la Betterave et de l'*Heterodera Schachtii* (nematode).

De même, pour beaucoup de détails culturaux forts importants établis par l'usage, l'interprétation nous manque. Nous avons ainsi reconnu que le déchaumage des champs de céréales, la suppression du chiendent et un décalage de trois mois entre la récolte et la semaille suffisent pour empêcher un petit Microlepidoptère vivant aisément sur le Blé non cultivé et sur les Graminées sauvages d'évoluer sur les céréales cultivées. De par sa biologie ce Microlepidoptère pourrait commettre des dégâts des plus importants; quelques détails de culture l'en empêchent, les résultats de cultures mal conduites le montrent nettement. (TROUVELÔT B. Sur la biologie de *Megacraspedus dolosellus* Zell. Bull. Soc. entom. France 1923.)

Ces procédés ne sont pas assez pris en considération malgré leur importance. Leur interprétation et leur perfectionnement se montrent pourtant souvent des plus intéressants.

(1) Il faut bien distinguer ici comme influence les concurrents des agresseurs.

Comme exemples de ces extensions artificielles d'aire d'habitat de végétaux deux intéressants sont offerts par la Betterave et le Chou, plantes qui sont maintenues par la culture sur de vastes territoires à l'intérieur des continents alors qu'à l'état sauvage elles ne peuvent subsister qu'en des points très limités, les zones côtières principalement.

(2) Les terrains incultes séparant les parcelles les unes des autres jouent un rôle important dans le maintien et la propagation des insectes utiles et nuisibles. Voir B. TROUVELÔT, « Etudes de l'influence des terrains incultes sur la propagation des Insectes utiles ou nuisibles » (Congrès de la nature, Paris 1924).

Le sens de ces échanges, leur nature et leur intensité varient d'une année à l'autre. Dans beaucoup de cas, le champ ne peut donc être envisagé isolément pour l'étude de la pullulation d'un insecte. Il ne constitue pas un élément indépendant restant toujours à peu près semblable à lui-même; seul l'ensemble de champ ou « région » doit alors être pris pour unité de milieu. La nature sauvage ne présente pas ce caractère; pour elle en effet, dans beaucoup de recherches, nous pouvons fort bien ne considérer le milieu que sur une surface aussi petite que nous le voulons, l'approximation étant suffisante (1).

(1) Des études se rapportant aux modifications du complexe biologique par la culture se trouvent en particulier dans :

MARCHAL (P.). — Utilisation des Insectes auxiliaires entomophages dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'Agriculture. (*Ams. Ins. Nat. Agr.* 2^e Série. T. VI. 1907).

BERLESE (A.). — Considerazioni sui rapporti tra piante y altro insecti e cause nemiche di querti. (*Redia*. Vol. IV. p. 193. 1907).

MARCHAL (P.). — Mission d'Etude de la *Cochylis* et de l'*Eudemis*, p. 102 (Paris 1911).

PICARD (F.). — Contribution à l'Etude du Peuplement d'un Végétal. La faune entomologique du Figuier (*Ann. Epiph.* T. VI, 1918).

RECHERCHES DE BIOLOGIE APPLIQUÉE

SUR

LA TEIGNE DES POMMES DE TERRE & SES PARASITES

ET CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR

L'UTILISATION DES INSECTES ENTOMOPHAGES EN AGRICULTURE

ÉTUDE DES CONDITIONS DE PULLULATION DES INSECTES

Par BERNARD TROUVELOT,
Ingénieur-Agronome,
Préparateur à la Station entomologique de Paris.

SOMMAIRE

Introduction (p. 4).

Première partie. — LA TEIGNE DES POMMES DE TERRE EN FRANCE. — SON IMPORTANCE ÉCONOMIQUE (p. 6).

- I. — Le foyer du département du Var (p. 7).
- II. — Possibilités d'extension de la Teigne dans le Midi de la France (p. 10).
- III. — Possibilités d'extension de la Teigne dans d'autres régions de la France (p. 15). — [Remarques sur la répartition géographique mondiale de la Teigne (p. 15). — Remarques sur la possibilité de vie de la Teigne sur la fécula (p. 18)].
- IV. — Conclusions (p. 21).

Deuxième partie. — LIMITATION DE LA TEIGNE PAR DES PROCÉDÉS CULTURAUX (p. 25).

- I. — Directions des recherches (p. 25).
- II. — Recherches sur l'utilisation de la carence alimentaire (p. 26). — [Étude du mode de contamination des tubercules de Pommes de terre par la Teigne dans le sol (p. 27). — Conclusions : procédés cultureux permettant de prévenir la contamination des tubercules par la Teigne avant les arrachages (p. 30)].
- III. — Mesures à envisager pour l'extinction de foyers de Teignes nouvellement formés (p. 31).
- IV. — Tableau-résumé des différents procédés cultureux d'emploi courant permettant de prévenir les dégâts de la Teigne. Remarques (p. 33).

Troisième partie. — LIMITATION DE LA TEIGNE PAR LES INSECTES ENTOMOPHAGES (p. 36).

Chapitre premier. — Possibilités d'utilisation des Insectes entomophages.

- I. — Parasites de la Teigne en France. Leur rôle (p. 37).
- II. — Parasites de la Teigne en Californie. Leur rôle (p. 38).
- III. — Conclusions. Possibilités de l'utilisation en France des parasites américains de la Teigne. Directives de travail (p. 39).

Chapitre deuxième. — Étude biologique de l'*Habrobracon Johannseni* Vier (p. 42).

- I. — Adulte (p. 42). — [Description. Éclosion. Alimentation (p. 44). — Accouplement (p. 49). — Ponte (p. 50). — Longévité (p. 64)].
- II. — Larve (p. 64).
- III. — Nymphose (p. 65).
- IV. — Résistance des différents stades aux variations de température (p. 66).
- V. — Polyphagie (p. 67).
- VI. — Cycle évolutif. Nombre annuel de générations (p. 68).
- VII. — Essai d'interprétation du mode d'action de l'*Habrobracon* dans la limitation de la multiplication de la Teigne (p. 70). — [Étude directe de l'interaction biologique Teigne-*Habrobracon* (p. 70). — Représentation graphique (p. 74). — Remarques (p. 79)].
- VIII. — Conclusions (p. 81).

Chapitre troisième. — Utilisation de l'*Habrobracon* en France. Techniques d'acclimatation (p. 83).

- I. — Importation en France de colonies d'étude (p. 83).
- II. — Etablissement des techniques d'élevages (p. 84).
- III. — Recherches sur l'installation d'élevages pour acclimatation (p. 86).
- IV. — Moment opportun pour une acclimatation de l'*Habrobracon* en France (p. 89).
- V. — Indications pratiques générales en vue de l'acclimatation et de l'utilisation de l'*Habrobracon* en France (p. 92). — [Organisation générale des travaux. Pièce pour les élevages. Cages d'élevages. Début. Soins. Libération des *Habrobracon*. Rapports des procédés culturaux et biologiques (p. 98).]

Quatrième partie. — REMARQUES GÉNÉRALES SUR LES ACCLIMATATIONS D'INSECTES ENTOMOPHAGES ÉTRANGERS (p. 100).

- I. — Rôle de la polyphagie dans l'activité des Entomophages (p. 101).
- II. — Rôle de l'asynchronie de cycle évolutif (p. 107).
- III. — Conclusions (p. 108).
- IV. — Remarques sur la séquence ou association de parasites pour un même hôte (p. 116).
- V. — Directives à suivre pour le choix des espèces à importer (p. 117).

Résumé et Conclusions générales (p. 121).

INTRODUCTION

La Teigne des Pommes de terre (*Phthorimæa opercu lella* Zell.) est un insecte Nord-Américain qui fut introduit en France il y a une quinzaine d'années environ. Sa chenille, en s'attaquant aux tubercules des Pommes de terre emmagasinés et en les perforant de très nombreuses galeries, provoque la perte rapide des stocks de cet aliment.

La base générale sur laquelle les travaux de recherches concernant la Teigne doivent s'appuyer, est double; une étude biologique détaillée de l'insecte, et un examen très complet du premier foyer connu. Ces deux recherches fondamentales furent effectuées de 1911 à 1912 par M. PICARD, alors directeur de la Station Entomologique de Montpellier; elles commencèrent à la suite d'une invasion inquiétante de la Teigne dans les environs d'Hyères. En peu de temps, elles conduisirent M. PICARD à préciser divers moyens de lutte. Ses travaux se poursuivaient de façon à compléter nos connaissances sur ce sujet, lorsque la guerre vint les interrompre en 1914.

Depuis lors, malgré une régression très notable de l'invasion de Teigne, régression imputable à des raisons complexes sur lesquelles nous aurons à revenir, il restait important de ne pas perdre de vue le ravageur dont les graves méfaits dans diverses parties du monde devaient motiver les plus légitimes appréhensions.

Aussi, en 1918, malgré les difficultés de l'époque, M. MARCHAL, directeur de la Station Entomologique de Paris, envisageait la reprise des recherches sur la Teigne dont l'étude restait inscrite au programme.

Après un nouvel abandon, ces recherches purent être définitivement reprises au début de l'année 1921. Il fallait, tout d'abord, examiner rapidement comme susceptible de fournir des indications d'avenir des plus utiles, l'importance économique actuelle de la Teigne. Ensuite, s'imposait la poursuite des recherches concernant les différents procédés de lutte. En particulier, il fallait procéder à une nouvelle étude des facteurs limitateurs naturels pouvant être opposés au développement de la Teigne; entre autre, la possibilité d'utilisation de parasites étrangers, devait être prise en considération. M. MARCHAL assura l'organisation et la direction de ces divers travaux, ainsi que la coordination des efforts des différents collaborateurs qui y participèrent.

En son nom, nous devons très vivement remercier M. L.-O. HOWARD, directeur du Bureau d'Entomologie de Washington, pour avoir obligeamment organisé la recherche des parasites de la Teigne en Amérique et leur acheminement vers la France, et M. HARRY SMITH, directeur de l'Insectarium de Sacramento, pour le soin apporté à la constitution des colonies de parasites destinés à notre pays.

La Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M. a prêté un concours très précieux à l'exécution de nos travaux dans le sud-est de la France; nous devons des remerciements sincères à M. RAYBAUD, inspecteur principal, et à M. LOUBET, inspecteur du Service agricole, qui nous facilitèrent le transport des parasites sur la côte de Provence, en même temps que l'organisation et la surveillance des travaux d'études.

M. le professeur Ch. RICHET eut l'amabilité de mettre à notre entière disposition un local dépendant de son château de Carqueiranne (Var), service que nous avons hautement apprécié.

De grosses difficultés nous furent évitées grâce à l'aide précieuse que nous apporta M. THOMPSON, chef de la Mission Entomologique américaine en France, et M. GENIEZ, son préparateur. M. BERNES, directeur des Services agricoles du Var, nous a grandement facilité les enquêtes que nous avons dû poursuivre sur la culture de la Pomme de terre dans le sud-est de la France.

MM. SUIRE, TSCHAËN, MALBURET, SAGO-LESAGE, et tout spécialement M. JAHANDIÉZ, nous ont prêté une collaboration très large pour tous les travaux effectués à Hyères, Carqueiranne et Bormes.

A tous, qu'il nous soit permis de présenter nos très vifs remerciements.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale a bien voulu honorer mes recherches d'une subvention importante; qu'il me soit permis de lui en témoigner ma très vive gratitude et en particulier à M. H. HITIER, professeur d'Agriculture comparée à l'Institut Agronomique, pour l'obligeance apportée dans la présentation des travaux.

Je dois, personnellement, une reconnaissance toute particulière à M. MARCHAL, directeur de la Station Entomologique de Paris, pour m'avoir confié une grande partie du travail de recherches, ainsi que la rédaction des conclusions auxquelles nous sommes parvenus, et pour m'avoir témoigné une constante bienveillance en me dirigeant dans les grandes lignes et le détail de mes recherches.

M. PICARD, maître de conférence à la Faculté des Sciences de Paris, eut l'obligeance de me communiquer ses propres observations sur la conduite des élevages de la Teigne et de l'*Habrobracon* et me prodigua de très précieux conseils en toutes circonstances; je lui conserve une profonde reconnaissance.

M. VAYSSIÈRE directeur-adjoint de la Station Entomologique de Paris, et M. WILLAUME, préparateur à la même Station, m'ont bien souvent aidé par les soins qu'ils ont donné à mes élevages durant mes voyages et aussi par un constant échange d'idées. Je suis heureux de pouvoir, ici, leur présenter mes remerciements les plus sincères.

PREMIERE PARTIE

LA TEIGNE DES POMMES DE TERRE EN FRANCE

SON IMPORTANCE ÉCONOMIQUE

Avant d'aborder l'étude des conditions dans lesquelles se présente actuellement la Teigne des Pommes de terre en France et des moyens de lutte dont nous disposons contre elle, il convient de rappeler les principaux traits de sa biologie; l'étude très complète qu'en a faite M. PICARD (1913) nous dispensant à cet égard de longs détails.

Les papillons de la Teigne s'accouplent peu de temps après leur naissance; la femelle fécondée dépose rapidement ses œufs, par petits groupes, sur les feuilles, les tiges ou les tubercules de Pommes de terre, selon le lieu où elle se trouve et l'époque de l'année. L'été, les œufs éclosent quelques jours après leur dépôt et donnent alors naissance à une petite chenille grise de un millimètre environ de longueur qui va s'enfoncer rapidement dans le tissu végétal le plus proche d'elle : feuille, tige ou tubercule de Pommes de terre. Cette chenille, pendant la vingtaine de jours exigés par sa croissance, vit uniquement en mineuse, creusant une longue et sinueuse galerie remplie d'excréments. Ses dégâts sont donc particulièrement graves lorsqu'ils portent sur des tubercules; la présence d'une seule chenille dans l'un d'eux suffit pour le déprécier en quelques jours. La nymphose a lieu dans un cocon de soie bâti généralement sous un abri quelconque, tel que: feuilles mortes, encoignure de murs, fissures de planches, plis de sacs. Les adultes éclosent sept jours après en été.

La durée du cycle évolutif complet n'est pas fixe, elle varie beaucoup avec les saisons; elle oscille, dans le midi de la France, entre trente-cinq jours l'été, et plusieurs mois l'hiver, ce qui correspond environ à six générations par an sous ce climat. Les générations de printemps évoluent sur les feuilles et les tiges de Pommes de terre, alors que celles d'automne et d'hiver vivent principalement sur les tubercules emmagasinés.

Occasionnellement, la Teigne peut vivre sur les diverses autres Solanées tant cultivées que sauvages. Ainsi, dans certains pays (centre des Etats-Unis, îles Hawaï, colonie du Cap et surtout Sumatra, Cuba, Indes), elle se montre particulièrement nuisible aux cultures de Tabac. En Nouvelle-Zélande, en Australie et en Californie, les Tomates sont assez fréquemment attaquées (1).

Nous étudierons successivement l'origine, la stabilité et les modifications ultérieures vraisemblables de l'équilibre actuellement réalisé entre le taux de pullulation de la Teigne et le milieu.

I. — LE FOYER DU DÉPARTEMENT DU VAR

PICARD a délimité très exactement, en 1912, la région envahie par la Teigne; elle s'étendait alors sur le littoral du Massif des Maures, de la Garde, près Toulon, à l'ouest, jusqu'à Cogolin et la baie de Saint-Tropez à l'est.

En 1911 et 1912, la Teigne était abondante dans le foyer du département du Var, si bien que l'on pouvait rencontrer facilement, pendant toute l'année, l'insecte à ses différents états de développement; PICARD rapporte même qu'il n'était pas rare, en pénétrant dans les magasins, de voir s'envoler des nuées de papillons ou de rencontrer de nombreuses chenilles dans les tubercules.

Depuis cette époque, l'invasion a légèrement progressé. Elle atteindrait actuellement Ollioules et Tamaris, vers l'Ouest, ainsi que la région de Solliès-Pont et une partie de la vallée de l'Argens (Les Arcs, Vibaudo) au Nord. Cette zone d'envahissement reste très difficile à délimiter avec certitude par suite de la rareté de la culture des Pommes de terre.

Influence des pratiques culturales suivies dans le département du Var, sur l'abondance de la Teigne. — Les modes de culture diffèrent assez fortement d'un point à un autre du territoire envahi par la Teigne; trois zones se présentent.

La première zone culturelle groupe les centres bien abrités des vents froids, ensoleillés l'hiver, et où la culture des légumes d'extrême primeur peut se faire en grand. Elle correspond à certaines parties des territoires des communes de Lavandou, d'Hyères et de Carqueiranne. Les pommes de terre y sont plantées en février pour être récoltées dès avril ou mai, et être expédiées aussitôt sur les marchés des grandes villes. Ces pommes de terre de primeur, bien que répandues sur tout le territoire français, ne peuvent pas contribuer à la dissémination de la Teigne, car elles ne contiennent pas de chenilles, et sont en outre consommées sans délais, leur maturité insuffisante ne leur permettant pas de se conserver, et leur valeur marchande résidant uniquement dans la précocité de leur mise en vente. A cette époque de l'an-

(1) Voir pour les dégâts de la Teigne sur le Tabac, depuis les travaux de PICARD, ceux de HONINO, FULLOWAY, MILLER, MORGAN et CRUMB, et pour les Tomates celui de CURRIER.

rapide et général, complété par diverses mesures de lutte entraîna aussitôt une régression notable de l'invasion de la Teigne (1).

En différents points on trouva la possibilité de conserver encore un peu la production de pommes de terre d'été; à cet effet, on effectue les arrachages avant le 15 juillet, alors que le feuillage est encore très vert, et on recouvre aussitôt la récolte avec du sable ou des algues suivant les procédés indiqués par M. PICARD; cet écran protecteur est enlevé en fin octobre.

La deuxième zone culturale du littoral du département du Var est plus étendue que la première. Elle comprend la majorité du territoire envahi par la Teigne. Elle correspond aux terres moins riches ou moins bien exposées, moins propices par cela même aux cultures d'extrême primeur; seule la culture de la pomme de terre hâtive y est effectuée, les tardives ne réussissant pas pour les mêmes causes que celles indiquées précédemment. Aussi comme dans la zone précédente et pour les mêmes raisons, la production des pommes de terre d'été suffit à peine à la consommation familiale jusqu'à l'automne, époque à partir de laquelle l'importation commence. La Teigne s'y trouve assez rare : elle ne constitue qu'un mal potentiel, fort grave lorsqu'il apparaît, guettant le cultivateur peu avisé qui voudrait garder sans précautions une récolte trop importante. L'expérience a fourni de cruels enseignements à ceux qui négligemment l'ont tentée.

La troisième zone de culture est celle où l'irrigation abondante est possible pendant tout l'été sans grands frais. La Pomme de terre y prospère alors très bien, et sa végétation se prolongeant tardivement lui permet de fournir de gros rendements. L'attaque par la Teigne est faible. Pourtant, la culture de la Pomme de terre y est peu abondante, la grande valeur du terrain obligeant la conduite de cultures plus intensives.

Le problème de la lutte contre la Teigne des Pommes de terre dans le département du Var n'a donc pas été complètement abordé de face. Une grande partie de la solution actuelle nous paraissant au premier abord très satisfaisante en tant que résultat absolu correspond à l'emploi généralisé de moyens détournés très particuliers : la réduction des superficies consacrées à la Pomme de terre et la limitation des cultures surtout aux périodes pendant lesquelles des attaques par la Teigne ne sont pas à craindre (production des primeurs). En outre, on tend à éviter le plus souvent la conservation prolongée des récoltes locales et à lui substituer l'importation.

Avant de passer à l'étude des régions de France encore indemnes, on peut remarquer le très curieux parallélisme qui existe entre ce foyer du département du Var et les foyers de Teigne existant en Californie.

GRAF, dans une étude récente de la Teigne, rapporte qu'en Californie, depuis très longtemps l'expérience montra que seule la pomme de terre de

(1) En général, les semences employées viennent d'autres régions et ne sont pas attaquées par la Teigne. Cette pratique peut aussi avoir joué un rôle dans la régression de la Teigne.

primeur était susceptible d'être produite avec avantage; celle d'arrière-saison étant vouée aux attaques de la Teigne, on remplace avantageusement sa production par des achats effectués dans des régions non envahies. Là aussi, en partie faute de Pommes de terre aux époques favorables, la Teigne est rare. La Californie est aux Etats-Unis ce qu'est la Provence et le Languedoc à la France, c'est-à-dire une région chaude, ensoleillée, prédestinée à l'approvisionnement en primeurs des grands marchés. GRAF remarque, en outre, que les années d'abondance de Teigne coïncident très exactement avec les années de mévente des pommes de terre de primeurs, ce qui s'explique facilement comme suit : lorsque les prix sont bas sur les marchés on n'arrache que fort peu, espérant toujours un relèvement des cours pour effectuer les envois. Si celui-ci ne se produit pas, les pommes de terre sont gardées plus longtemps que d'habitude dans les champs et la Teigne profite de cette prolongation de période alimentaire pour se développer abondamment.

II. — POSSIBILITÉS D'EXTENSION DE LA TEIGNE DANS LE MIDI DE LA FRANCE

Puisque la Teigne est un insecte des climats chauds et secs on peut toujours craindre son extension en France sur l'ensemble du littoral de la Méditerranée. L'étude agricole de la Provence et du Languedoc montre que la culture de la Pomme de terre est presque partout assez rare et disséminée, condition peu favorable à l'élargissement progressif du foyer actuel ou à la création de nouveaux (1).

Pourtant deux centres de cultures importants se rencontrent dans les régions de Comps et de Manosque, régions dans lesquelles la Teigne ne s'est pas encore montrée (2).

Région de Comps. — Comps se trouve dans une région de hauts plateaux déboisés et arides situés au nord de Draguignan; dans les cuvettes où

(1) Un foyer s'est constitué à Montpellier. Il diminue beaucoup d'intensité et ne s'est pas étendu. (Renseignements fournis par M. LITCHENSTEIN, Directeur de la Station Entomologique de cette ville.)

(2) La possibilité pour la Pomme de terre d'une culture intensive est réglée par de nombreux facteurs; en dehors des considérations économiques, les plus importants sont la nature du sol et le climat.

La Pomme de terre, en effet, pour prendre un développement important, c'est-à-dire pour offrir d'abondantes récoltes, exige beaucoup d'humidité, soit dans l'atmosphère (pluie), soit surtout dans le sol. Elle demande aussi l'action du froid sur les tubercules aussitôt les arrachages, sans quoi la dégénérescence des races est rapide. Sa distribution géographique comme culture intensive se trouve donc surtout réglée tout à la fois : par les températures tant moyennes qu'extrêmes, par l'importance des précipitations atmosphériques, et surtout leurs distributions au cours de l'année, par l'altitude du pays et par la nature physique et chimique du sol. Aussi, en allant du nord au sud de la France, de l'ouest à l'est, c'est-à-dire en approchant de la Méditerranée, la voyons-nous se localiser de plus en plus dans les hautes altitudes, là où le climat est encore rigoureux et les pluies abondantes. Dans la région méditerranéenne, région à pluies fortes, mais rares, et surtout concentrées pendant la période d'hiver, la Pomme de terre prospère mal; surprise par la sécheresse dès juin, ses tubercules cessent de croître, mûrissent prématurément et ne se conservent pas bien. Pourtant, en tout point où l'irrigation permet d'apporter en grande abondance l'eau nécessaire à sa végétation, la Pomme de terre prend un développement luxuriant; sa végétation peut se prolonger tard en saison, et les récoltes qu'elle donne sont-elles des plus abondantes. Ainsi s'explique la formation de centres très localisés de culture intensive de la Pomme de terre dans la région méditerranéenne. (Voir fig. 2, p. 12).

La plaine de Contat fait la Pomme de terre de primeur en assez grande abondance. Mais ce genre de production a peu à souffrir de la Teigne, comme il a été montré plus haut.

les eaux ont entraîné un peu de terre arable, on cultive assez abondamment la Pomme de terre. Cette région de Comps alimente une grande partie des arrondissements situés plus au sud, c'est en quelque sorte la réserve où les habitants de ces régions viennent faire une partie de leurs provisions. Son climat rigoureux l'hiver, ne permettant pas à l'Olivier de prospérer, semble la mettre à l'abri d'une attaque importante de la Teigne.

Région de Manosque. — Le grand centre de la production des pommes de terre dans la basse vallée de la Durance est situé à Manosque (1). Le mode de culture de la Pomme de terre et les procédés de conservation des tubercules en tas dans les granges largement ouvertes semblent devoir être favorables au développement de la Teigne; mais l'irrigation du sol peut gêner et retarder beaucoup la contamination dans le sol.

Il faut remarquer qu'il doit pourtant exister quelques différences climatiques entre les pays de cette région et le littoral, différences très délicates à préciser, mais que certaines plantes comme la Pomme de terre semblent mettre en évidence. Il est reconnu que sur le littoral, la Pomme de terre vient mal, que ses tubercules se conservent difficilement, même sans la présence des chenilles de la Teigne, alors qu'elle prospère admirablement dans la région de Manosque et y produit de forts rendements. Les facteurs pouvant être la cause de ces différences doivent comprendre : la nature du sol, la précocité moindre du printemps, l'irrigation l'été, un arrachage plus tardif faisant que les tubercules peu après leur arrachage ne sont pas soumis à une longue période de fortes chaleurs. La Teigne serait-elle sensible à cette différence climatique ressentie par la Pomme de terre? Il est difficile de l'affirmer, peut-être ne subira-t-elle de ce fait qu'une réduction légère de son nombre de générations annuelles (2).

(1) Dans cette région, la Pomme de terre occupe le 5^e de la surface cultivée. Ses rendements atteignent les chiffres énormes de 30.000 kilogr. à l'hect. Les semences sont plantées en mars-avril, après les froids; la végétation est luxuriante sous l'influence des copieux arrosages de l'été; la maturité est relativement tardive, pour la latitude. Les arrachages ne se font qu'en fin août, début de septembre. Ces pommes de terre de belle venue d'une maturité parfaite sont d'une excellente conservation. Les cultivateurs les gardent dans les granges, les hangars, où ils les mettent en tas assez élevés et les écoulent peu à peu selon les demandes du marché jusqu'en février environ. De ce centre, les pommes de terre sont expédiées dans tout le Midi de la France et sont destinées à l'approvisionnement d'hiver et de printemps.

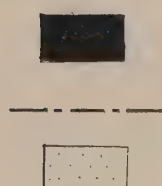
On juge ainsi du rang qu'occupe la culture de la Pomme de terre dans cette région et de l'importance qu'une crise de production pourrait avoir. En outre, la plante sarclée étant nécessaire à la conduite d'une culture intensive, des difficultés d'un autre ordre se produiraient. La culture de la betterave sucrière pourrait peut-être la remplacer, bien que les premiers essais soient peu encourageants.

(2) Les tubercules seraient en général gelés avant que l'insecte soit détruit; les expériences faites cette année montrèrent que des Teignes sous leurs différents stades : œufs, jeunes chenilles, chenilles adultes, chrysalides, pouvaient supporter pendant une dizaine de nuits consécutives des froids de moins 5° à moins 6° avec relèvement diurne de la température à plus 5°; elles continuent leur développement après.

Distribution des cultures de la Pomme de terre dans le Sud-Est de la France et foyers d'établissement de la **Teigne**.



Fig. 2. — Carte du Sud-Est de la France indiquant les centres de culture intensive de la Pomme de terre, l'aire d'extension vraisemblable de la Teigne, et les foyers actuels d'établissement de cette mineuse.



Régions envahies par la Teigne.

Limite de la région méditerranéenne (Olivier); elle constitue probablement aussi la limite de l'aire d'extension possible de la Teigne en France, des réserves étant toutefois à apporter au Nord pour la vallée moyenne du Rhône, à l'Ouest pour la région du seuil du Lauraguais.



Foyer de la Teigne n'ayant pas subsisté.



Régions dans lesquelles la culture de la Pomme de terre de primeur et de demi-primeur est importante.



Parties actuellement envahies par la Teigne (pratiquement les primeurs ne sont pas attaqués par la Teigne et ne transportent pas de chenilles.)



Régions de culture intensive de la Pomme de terre :

1^o Situées à une basse altitude. — [Seules les régions des Paluds près d'Avignon, des basses vallées de la Durance et du Têt sont comprises dans le climat méditerranéen. Elles correspondent aux plaines largement irriguables.]



2^o Situées à une altitude élevée (plus de 500^m).

Caractérisées par les hivers assez rigoureux, le printemps tardif et les précipitations atmosphériques importantes.



Régions d'altitude supérieure à 500^m.

Pour les autres régions en général, la culture de la Pomme de terre est souvent d'importance faible ou seulement moyenne et se montre disséminée.



Direction des plissements montagneux importants, couverts de forêts ou de landes et pouvant s'opposer à une extension naturelle de proche en proche du foyer actuel de la Teigne :

Ap : Alpes de Provence. — V : Ventoux. — L : Luberon. — E : Estaque. — M : Maures. — T : Tanneron. — E : Estérel (1).

(1) La partie droite de cette carte a été dressée d'après nos observations personnelles faites pendant des voyages d'enquête et en utilisant des renseignements obligeamment fournis par M. BERNES, Directeur des Services agricoles du Var. Pour les autres régions, nous devons les documents à la complaisance de MM. les Professeurs H. HITIER, DUCOMET et VIDAL et de MM. CARON de Rodez, DE FONCINES de Lyon, SERIN de Villefranche-de-Lauraguais.

On peut conclure que la Teigne a de fortes chances de s'établir dans la région de Manosque au cas où elle viendrait à y être introduite, et que, par suite de l'abondance des cultures et des réserves de tubercules on est en droit de craindre qu'elle ne s'y montre rapidement fort dangereuse. En effet, le principal but de la spéculation dans ce pays est la production de tubercules pour l'arrière-saison et même pour la conservation jusqu'au printemps. Or, justement l'effet de la Teigne n'est pas de diminuer la récolte mais bien de la déprécier et surtout d'empêcher sa conservation. Pour éviter les pertes, il faudrait alors vendre aussitôt après un arrachage précoce, condition défavorable à une spéculation agricole et rendant une culture aléatoire, souvent même déficitaire.

Comment la Teigne pourrait-elle être introduite dans la région de Manosque? Les pays où la Teigne se trouve actuellement n'exportent que des primeurs; or les primeurs n'étant pas attaquées et ne pouvant se conserver, ne présentent aucun danger pour les régions qui les achètent. Au moment où les Teignes apparaissent en grand nombre dans les tubercules l'exportation a cessé. Une assez grande sécurité existe donc sous ce rapport.

La Teigne pourrait, d'autre part, être introduite de proche en proche à la suite de vols répétés à faible distance. Il ne semble pas que l'on ait à craindre d'ici longtemps ce mode de progression. L'expérience de ces dix dernières années a montré qu'il est très lent, la Teigne étant rare dans le foyer actuel et les Pommes de terre peu abondantes dans les régions voisines. En outre, une zone montagneuse boisée ou aride formée par les montagnes des environs de Toulon, d'Aix, la longue chaîne de partage des eaux entre le Verdon et l'Argens, le Tanneron, l'Estérel, forme en quelque sorte une zone protectrice causant une interruption dans les cultures qu'il sera difficile à la Teigne de franchir par vols. Il faudrait, en effet, qu'une femelle aussitôt fécondée soit emportée par le vent et franchisse ainsi de grandes distances pour venir atterrir un ou deux jours après juste sur un champ de Pommes de terre sur lequel elle pourrait pondre aussitôt. Si elle doit s'arrêter pendant son vol aucune plante ne s'offrira à elle pour recevoir sa progéniture et former un foyer intermédiaire d'extension, les Solanées sauvages étant peu abondantes dans les terrains arides. Le mode de propagation le plus probable sera le transport par des personnes qui, ignorantes des faits, pourraient faire voyager accidentellement, l'été, des pommes de terre provenant du Var (1).

(1) Si un début de foyer de Teigne était reconnu il y aurait lieu d'envisager aussitôt la prise de mesures d'extinction (voir chapitre II, page 31).

III. — POSSIBILITÉS D'EXTENSION DE LA TEIGNE DANS LES AUTRES RÉGIONS DE LA FRANCE.

Un foyer de Teigne s'est formé en 1917 dans la région de Valence, mais d'après les renseignements fournis par M. ROUGIER, il n'aurait pas subsisté. Le climat plus froid et pluvieux dut contribuer à son extinction. Pour ce qui concerne les autres régions de France, il faut toujours s'en tenir aux conclusions formulées par PICARD en 1912, et considérer comme assez improbable une extension de la Teigne sur leur territoire, sauf pour la Bretagne et le Sud-Ouest pour laquelle des craintes plus grandes subsistent. La Teigne se rencontre en effet dans des régions à climats se rapprochant du type « Breton » : le nord de la Californie, la Tasmanie, l'île sud de la Nouvelle-Zélande, mais n'y abonde que certaines années seulement.

Remarques fournies par l'étude de la répartition géographique mondiale de la Teigne. — L'étude des influences ayant présidé à la répartition géographique actuelle de la Teigne, fournit des documents précieux sur les possibilités d'extension de cet insecte en France.

Si l'on indique sur une carte les différents pays où la Teigne se rencontre sur la Pomme de terre (1), on est frappé de la grande similitude de la figure obtenue avec celle indiquant les zones terrestres dites méditerranéennes, zones caractérisées par un ensemble de données tant botaniques que climatériques et en particulier, pour ces dernières, par le grand nombre des jours ensoleillés, la rareté relative des pluies et l'absence de grands froids. L'aire actuelle de dispersion de la Teigne ne coïncide pas avec celle de la culture de la Pomme de terre, elle est beaucoup plus restreinte, et n'en comprend que des portions des plus disséminées, souvent très éloignées les unes des autres (fig. 3, p. 16).

Une aussi grande distribution de la Teigne semble bien correspondre à des introductions artificielles par suite d'échanges commerciaux. Or, on est surpris de constater, vu la diversité de ces derniers, que la Teigne, insecte très facilement transportable en raison de son mode de vie, n'a été introduite que dans les pays à climat méditerranéen, justement ceux dans lesquels la culture de la Pomme de terre est peu abondante et se prête fréquemment le moins à l'évolution de ses chenilles. L'explication suivante peut être donnée. Insecte phytophage et plante hôte peuvent exiger des conditions climatériques très différentes pour évoluer normalement; leurs aires de répartition géographique possibles ne coïncideront pas exactement, et seules quelques parties seront communes. La Pomme de terre semble être une plante des pays tempérés alors que la Teigne n'évoluerait que sous des climats plus chauds. La seule zone réunissant ces deux exigences est la zone des climats du type subtropical, aussi est-ce sur elle que jusqu'à présent la Teigne s'attaque

(1) Côte occidentale des Etats-Unis et de l'Amérique du Sud, Bassin de la Méditerranée, Nord des Indes, Colonie du Cap, Tasmanie, Australie orientale, Nouvelle-Zélande et Golfe du Mexique. La Teigne se rencontre aussi dans la partie sud de la Côte Atlantique des Etats-Unis, à Cuba, aux Iles Hawai et à Sumatra, mais ne cause de dégâts presque uniquement qu'aux plantations de Tabac.

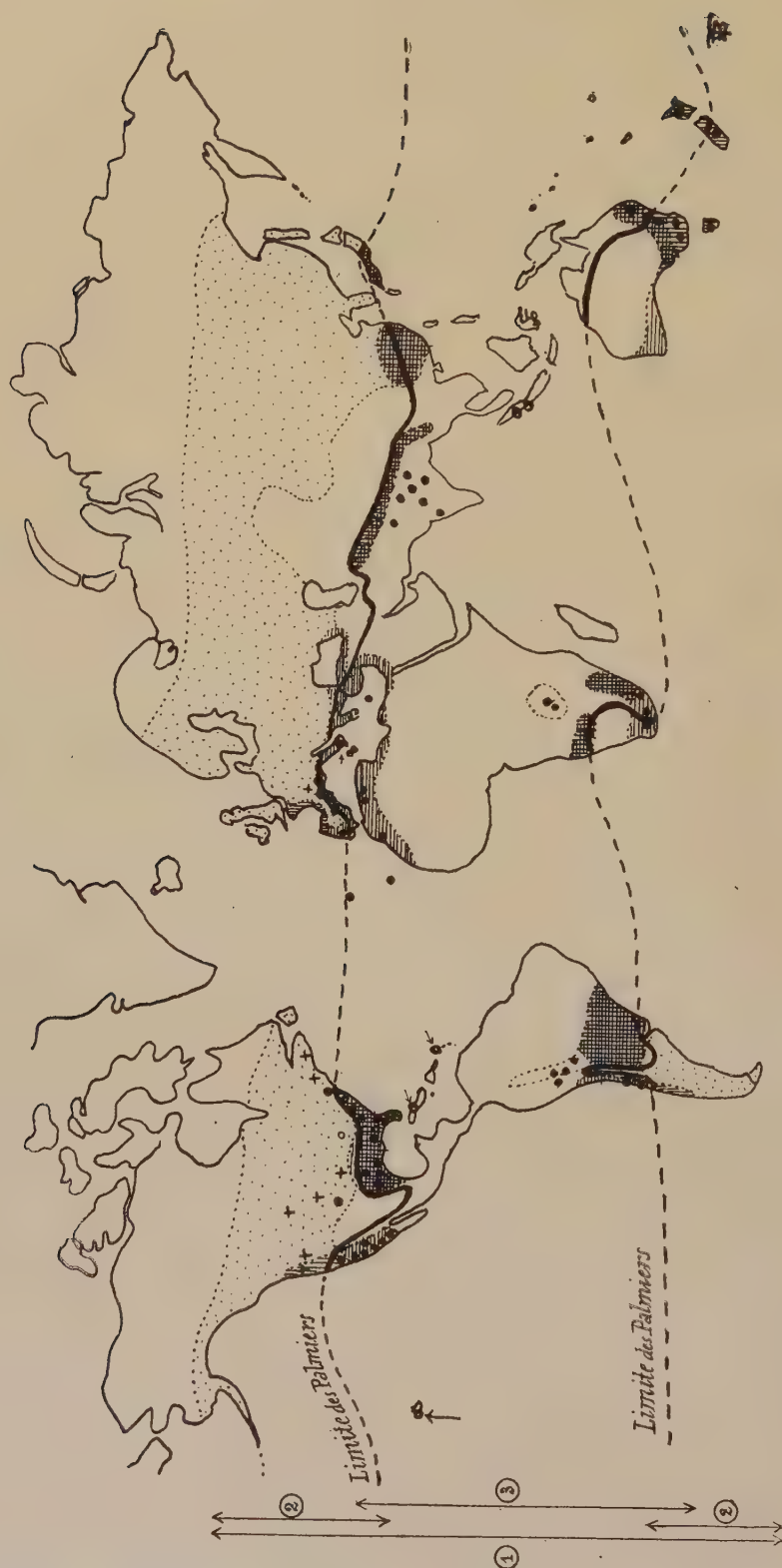


Fig. 3. — Répartition géographique de la Teigne de la Pomme de Terre.
(Voir le tableau de la page suivante).

Répartition géographique de la Teigne de la Pomme de terre

Exemple de répartition géographique différentielle entre un insecte et sa plante hôte principale

La Teigne est une espèce dont l'évolution sur la Pomme de terre est presque uniquement localisée dans les régions subtropicales, particulièrement celles à climat de type méditerranéen ou chinois. La Pomme de terre a une aire de vie beaucoup plus vaste.

ZONES CLIMATÉRIQUES		Zones de vie de la Teigne sur la Pomme de terre	Zones de vie de la Pomme de terre
Zones	Climats		
Tempérée	Divers Du type breton	(2)	Culture intensive
Limite des Palmiers Subtropicale	Du type méditerranéen Du type chinois	(1) (3)	Culture de primeurs et intensive localisée Culture localisée
Désertique chaude et tropicale	Divers		Souvent obligation de renouvellement des semences par des importations en provenance de pays froids

- Régions dans lesquelles la Teigne est établie sur la Pomme de terre.
 - Régions dans lesquelles la Teigne est établie sur le Tabac ou des Solanées diverses.
 - + Régions dans lesquelles la Teigne fut introduite, mais ne se maintint pas.
- Cette aire de distribution si vaste de la Pomme de terre correspond à des importations artificielles faites par l'Homme pour la culture et à un maintien également artificiel de la plante dans les nouveaux habitats. Pour la Teigne, au contraire, la dissémination est non intentionnelle, elle est en rapport avec les échanges commerciaux.
- Les régions climatiques ont été établies d'après les cartes de VIDAL-LABLACHE, de DE MARTONE et de KÖPPEN. La limite des Palmiers est celle donnée par DRUDE.

aux Pommes de terre (1). Cette supposition serait confirmée par l'observation de GRAF, faite en Amérique et de FRENCH en Australie que les années sèches semblaient amener une recrudescence de la Teigne alors que les humides au contraire, entraînaient une régression. Divers renseignements recueillis en France sont en parfait accord avec cette remarque; la forte invasion de 1911 correspond d'ailleurs à une année particulièrement sèche et chaude (2).

Ceci nous amène à confirmer encore la conclusion de PICARD, dix ans après son émission : la Teigne ne semble pas menacer les régions septentrionales de la France; sa reconnaissance récente au Maroc, au Portugal, en Sicile, à Chypre et sur la côte ouest de l'Amérique du Sud (Pérou, Bolivie, Chili), ne nous apporte pas de nouvel élément d'inquiétude.

Remarques sur la possibilité de vie de la Teigne des Pommes de terre sur la Fécule. — La Teigne des Pommes de terre ne pourrait-elle pas devenir un ennemi de la fécule par un phénomène d'adaptation analogue à celui qui permet à l'*Ephestia kuehniella* Zell., par exemple, de passer des grains de céréales à la farine, produit manufacturé sans équivalent dans la nature?

L'*Ephestia kuehniella* vit rarement sur les grains dans les champs ou dans les greniers sous nos climats, alors qu'elle abonde dans les moulins. La Teigne des Pommes de terre ne pourrait-elle pas, bien qu'elle ne puisse être que rare dans les champs sous nos climats de l'Est, devenir très abondante dans les féculeries de ces régions.

Nous avons essayé de nous rendre compte, par diverses expériences, du degré de possibilité de cette adaptation, soit en cherchant à faire pondre directement des femelles fécondées de Teigne dans la fécule, soit en introduisant dans cette matière des chenilles d'âges divers. Tous les résultats furent négatifs. Une adaptation naturelle de la Teigne ne semble pas devoir être aisée. Nos expériences n'ont pu être prolongées pour diverses causes et quelques réserves seraient à faire. Pourtant les résultats de ces premières données peuvent déjà être interprétés

Les études montrent qu'entre la farine et le grain de blé, la différence

(1) L'*Icerya purchasi* serait aussi un insecte du climat du type subtropical; ses principales plantes hôtes, à l'inverse de la Pomme de terre sont assez spécialisées à ce même climat. (Mimosées, Agrumes.)

(2) De nombreuses espèces sont largement influencées dans leur pullulation par les facteurs climatiques humidité et chaleur. (Voir RABAUD, La vie et la mort des espèces, p. 356. *Loc. cit.*)

Comme exemple d'insecte phytophage largement influencé par les conditions climatiques, citons entre autres l'Endémis de la Vigne et *Cacarcia castana*, espèces qui exigent au moins à l'état adulte un certain taux d'humidité de l'air pour pouvoir pulluler et qu'une période de sécheresse décime. PICARD (F). — Rapport sur la Cochyliis et l'Endémis dans le midi de la France. (*Ann. Epiph.*, T. I, 1913.)

Parmi les Entomophages nous trouvons comme exemple particulièrement bien étudié celui de *Diachasma fullowayi*, parasite de la Mouche des fruits. Aux Iles Hawaï, le taux parasitisme de *Ceratitis capitata* par *Diachasma* n'est que de 2 % dans les régions où la hauteur des pluies n'atteint que 125 millimètres; il s'élève à 60 % lorsque cette hauteur monte à 500 millimètres; enfin, dans les régions particulièrement pluvieuses il peut atteindre 90 % (PERNBERTON et WILLARD).

Ces études de répartition géographique différentielle d'insectes sont à rapprocher de celles citées par RABAUD dans « La Vie et la Mort des Espèces » (*Loc. cit.*) et par CUÉNOT dans « La Génèse des espèces. »

de composition chimique est relativement faible; elle ne porte principalement que sur des matières albuminoïdes contenues dans les enveloppes du grain et qui sont éliminées avec les sons. Le principal changement est celui de l'état physique; la farine étant pulvérulente alors que le grain de blé est compact.

Entre la fécule et le tubercule de la Pomme de terre, les différences sont beaucoup plus grandes. Richesse en eau beaucoup moindre, appauvrissement en cellulose et en matières albuminoïdes, état physique très modifié (pulvérulent d'une part, parenchymateux, compact et turgescents d'autre part) (1). (Voir les tableaux I et II, p. 22.)

D'autres considérations conduisent également à penser que cette adaptation ne se produira pas. Ce que la Teigne semble chercher dans le tubercule de Pomme de terre, c'est un parenchyme très aqueux lui fournissant des sucres divers et non pas l'amidon, produit que nous cherchons (2). Les tiges qui constituent sa principale alimentation en été ne contiennent que peu ou pas d'amidon; les feuilles en renferment un peu mais il disparaît avec la nuit.

La fécule ne serait pour la Teigne ni un aliment nécessaire, ni un aliment suffisant, bien que les tubercules de pommes de terre en contiennent jusqu'à 20 et même 23 % de leur poids et que les chenilles l'absorbent dans cette proportion lorsqu'elles vivent sur eux (3).

Remarquons, dans un ordre d'idée très semblable, que les insectes tels les *Agrotis* et les *Cleonus* s'attaquant aux racines des Betteraves sucrières, aliment contenant 15 à 20 et même 27 o/o de son poids de sucre, ne semblent nullement être des insectes spécialisés ou adaptés à une évolution dans les matières sucrées; le sucre ne constituerait pour eux un aliment ni nécessaire en grandes quantités, ni suffisant. Ces espèces ne vivent pas dans le sucre pur et évoluent au contraire fort bien dans les racines

(1) Nous ne savons pas exactement comment l'*Ephestia kuehniella* se présentait primitivement sur les Graminées sauvages, si les chenilles se nourrissaient exclusivement des grains ou à la fois des grains et des tiges. La patrie de l'espèce demeure aussi très controversée. DANYSC signale seulement avoir rencontré accidentellement dans les greniers des chenilles d'*Ephestia* vivant en grand nombre sur des grains mis en tas; le cas est fort rare. [DANYSC (J.). — *Ephestia kuehniella* Zell. Par. 1893.]

Cette impossibilité actuelle de vie de l'*Ephestia* dans les champs sous nos climats et la rareté de son évolution dans les greniers semble avoir pour origine les procédés que nous employons pour la culture et la conservation des céréales; ces procédés amènent vraisemblablement des périodes de famine trop prolongées dans l'évolution annuelle de l'espèce. La vie devient possible seulement dans les minoteries, l'aliment y étant offert à un taux constant. (Comparer avec les remarques de la p. 36.)

Notons qu'à l'inverse de l'*Ephestia*, les Charençons, les Aleucites, espèces vivant aisément sur les grains, ne se sont pas adaptés à une évolution exclusive sur la farine. La famine ne peut agir pour eux; vraisemblablement ce sont des questions de modifications d'état chimique au physique qui influent alors, comme elles semblent le faire pour la Teigne.

(2) Les tubercules contiennent de 15 à 23 % d'amidon et 75 à 80 % d'eau. [BERTAULT (P.). — Recherches botaniques sur les variétés cultivées du *Solanum Tuberosum* et les espèces sauvages de *Solanum tuberosum* voisins. (Nancy, 1911.)]

(3) Les insectes attaquant les tubercules en terre, tels les Taupins, les *Agrotis*, peuvent fort bien ne plus les attaquer lorsqu'ils sont arrachés et mis en magasin. Pour eux, ce sont des questions de changement de milieu et dans les conditions d'évolution qui agissent alors et s'opposent à un tel passage; probablement le facteur humidité ambiante, jouerait un rôle important pour les larves âgées au moins. Pour les larves jeunes, il y aurait en plus le manque de l'aliment nécessaire à leurs premières phases de développement.

de Betteraves fourragères ou sauvages et dans celles des Salsolacées sauvages, supports ne contenant que fort peu de matières sucrées (5 o/o pour les premières). On ne peut se baser sur la quantité d'une substance absorbée dans l'alimentation pour dire qu'elle est utile ou indispensable.

Etude de la digestion des tubercules de Pomme de terre par les chenilles de la Teigne.

Un même poids de pulpe rapée de tubercule de Pomme de terre et de déjections de chenilles de Teigne a été délayé dans un même volume d'eau.

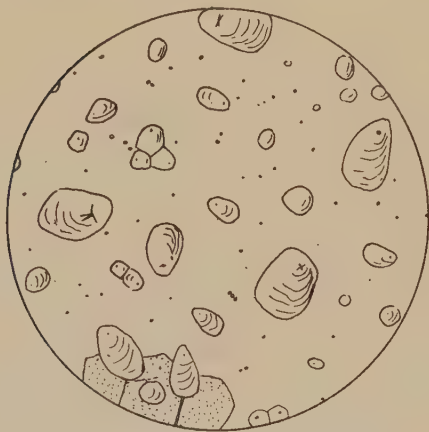


Fig. 4. — Tubercule de Pomme de terre.



Fig. 5. — Excréments des chenilles.

On peut voir en C, sur la figure 5, débris de parois cellulaires ayant été déchirés par les mandibules des chenilles.

Les grains d'amidon après passage dans le tube digestif des chenilles ne présentent aucune trace d'attaque ; les différents types de grosseur sont sensiblement dans la même proportion dans les deux prélèvements, il n'y a donc pas eu de digestion périphérique régulière. Leurs stries restent très visibles et la coloration à l'iode demeure bleu intense. Les grains ne présentent pas non plus de corrosions irrégulières comme cela a lieu lors d'attaques diastasiques (voir fig. 5 pour le Blé).

Le nombre de grains d'amidon est plus élevé dans les déjections que dans l'aliment ; cette concentration correspond à l'absorption d'une bonne partie de leur eau de dilution par les chenilles pour leurs besoins alimentaires propres.

La chenille de Teigne se nourrirait donc presque exclusivement aux dépens des matières solubles contenues dans les sucs cellulaires. L'amidon ne ferait que de traverser le tube digestif sans servir, ou tout au moins pour sa plus grande part, à l'alimentation (1). Nous savons par contre que d'autres insectes secrètent des diastases capables d'hydrolyser l'amidon et de le transformer en produits solubles et par conséquent aisément assimilables.

L'*Ephestia kuehniella* nous en donne un exemple (2). Les propriétés digestives des

(1) Nous ne sommes pas en droit d'affirmer qu'il n'y a pour les chenilles de la Teigne absolument aucune absorption d'amidon. Pour s'en rendre compte il fallait procéder à des pesées comparatives très précises des poids de ce corps ingérées puis rejetées. Or l'évaporation naturelle de l'eau pendant les opérations de prélèvement des échantillons nous apportait des causes d'erreur qu'il ne nous a pas été possible d'évaluer avec exactitude. Les variations qu'elles entraînaient dans les pesées étaient beaucoup plus considérables que celles que nous devions étudier, aussi tout dosage devenait illusoire.

(2) BIEDEMANN a reconnu les mêmes propriétés chez le *Tenebrio molitor*, et a même pu mettre en évidence dans le tube digestif de sa larve les liquides capables de transformer l'amidon. Le *Tenebrio*

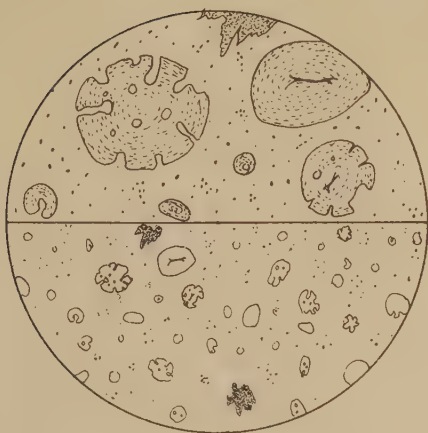


Fig. 6. — Corrosions présentées par l'amidon de Blé après passage dans le tube digestif de l'*Ephertia kueniella* ($D=35\gamma$).

En haut, grains très grossis.

En bas, grains vus avec le même grossissement que les grains d'amidon de la Pomme de terre représentés sur les figures précédentes (1).

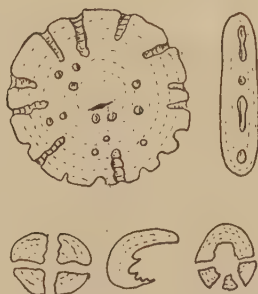


Fig. 7. — Grains d'amidon de Blé (en haut) et d'amidon de Haricot (en bas) en voie de digestion par l'amylase dans des graines en germination (d'après MOLLARD).

insectes varient donc beaucoup entre des espèces appartenant à des groupes apparemment peu éloignés.

IV. — CONCLUSIONS.

Depuis 1912, le foyer de Teigne du département du Var ne s'est que très peu étendu. La présence de la Teigne a eu pour résultat de faire disparaître en grande partie la culture des Pommes de terre d'été, devenue déficitaire. Seule, la production de primeur peut subsister, car elle n'est pas atteinte par les mineuses. Le contre-coup final fut une raréfaction de la Teigne; l'espèce subsiste néanmoins à l'état potentiel et ne manque pas de recommencer ses ravages toutes les fois que d'abondantes cultures d'été sont reprises. Une gêne constante en résulte.

Sur l'ensemble du littoral de la Méditerranée, région dans laquelle la généralisation de l'invasion de la Teigne semble des plus probable, les con-

molitor, comme l'*Ephestia*, peut fort bien se nourrir uniquement de farine; et même cet aliment est un de ceux qui lui convient le mieux.

Des diastases capables de transformer diverses autres matières insolubles, se rencontrent également chez certains insectes.

Pourtant, parfois la solubilisation des matières insolubles est sous la dépendance de phénomènes de toute autre nature. Ainsi, chez certaines larves de Diptères, elle est réalisée par des microorganismes pullulant dans le tube digestif et s'effectue alors avec une rapidité des plus considérables. [MARCHAL, CUÉNOT.]

(1) Nous n'avons pu retrouver de grains d'amidon de Pomme de terre ayant traversé le tube digestif d'animaux supérieurs, c'est-à-dire, ayant subi l'action des deux diastases ptyaline ou amylase, les tubercules de Pomme de terre étant presque toujours donnés comme aliment à l'état cuit, or sous cette forme leur amidon est modifié; il est partiellement hydrolysé (erythrodertrine) et présente alors une possibilité d'assimilation toute différente. Cette pratique de la cuisson préalable des tubercules avant l'absorption ne serait-elle pas l'indice d'une moindre digestibilité par les animaux, de l'amidon de Pomme de terre par rapport à celui d'autres végétaux, tels les céréales, amidon qui normalement est consommé sous son état quasi naturel. (Nous devons à l'obligeance du professeur BRUMPR et de M. LANGERON d'avoir pu examiner divers résidus de digestions de mammifères.)

I. — COMPOSITION CHIMIQUE ET ETAT PHYSIQUE DE LA Pomme de terre
A DIFFÉRENTS STADES

	FEUILLES		TIGES		TUBERCULES			Moyenne		Fécule
	Jeunes	Agées	Jeunes	Agées	Enveloppe	Couche corticale	Couche médullaire			
								Jeunes	Agés	
Eau.....	90 ↘ 60		90 ↘ 60		82	↘ 72	75	84 ↘ 74	↘ 19	
Amidon... ..	1,8		0		8	↗ 22	↘ 15	9 ↗ 20	↗ 80	
Mat. sucrées....	0,3		0,9 ↗ 2,3		—		—	1,6 ↘ 0,1	↘ 0	
Cellulose.....	—		—		1,2	↘ 0,4	0,3	1,5	↘ 0,5	
Mat. azotées....	—		—		2,3	↘ 1,9	2	1 ↗ 2,2	↘ Traces	
Mat. minérales..	—		—		1,8	↘ 1,1	0,9	1,3	↘ Traces	
Glucosides (Solanine).....	—		0,2		0,07		↘ 0,002	0,004	↘ 0	
Etat physique...	Parenchymateux				Parenchymateux			Pulvérulent		
Localisation de différents insectes	← Doryphore →									
	← Teigne des Pommes de terre →									

II. — COMPOSITION CHIMIQUE ET ETAT PHYSIQUE DU Blé A DIFFÉRENTS STADES

	TIGE	GRAINS LAITEUX	GRAINS MURS	Farine
Eau.....	80 ↘ 60	60	↘ 9 à 13	→ 14
Amidon.....	—	12 ↗ 40	↗ 66 à 73	→ 72
Mat. sucrée....	1 ↗ 8	7 ↘ 2	→ 2	→ 2
Cellulose.....	8 ↗ 20	—	4 à 6	↘ 0,5
Mat. azotées....	4	—	11 à 16	→ 10,5
Mat. minérales..	—	—	2	↘ 0,7
Etat physique...	Parenchymateux		Corné ou parenchymateux	Pulvérulent
Localisation de différents insectes	← Céphe → ← Zabre → ← Aleucite → ← Calandra granaria → ← Tinea granella → ← Ephestia Kuehniella → ← Tenebrio molitor →			

Etude comparative des tableaux I et II.

La solanine est probablement le corps qui attire les papillons de la Teigne et les amène à pondre exclusivement sur les Solanées. Les tubercules en contiennent un peu.

L'acte de ponte des papillons est sous la dépendance d'un réflexe tactile : contact de l'abdomen des femelles avec un corps rugueux (peau des tubercules, verrucosités des feuilles) ; la pénétration des chenilles dans la matière alimentaire est réglée par la nature de la surface externe de celle-ci : enveloppe facilement transpercée par les mandibules des jeunes chenilles (PICARD).

La localisation des chenilles au début de leur attaque des tubercules, surtout dans la couche épidémique de ceux-ci, serait peut-être en rapport avec la concentration presque exclusive de la solanine dans cette couche, et aussi avec la plus grande richesse de celle-ci en matières azotées et minérales.

L'*Ephestia* vit dans un milieu, la farine, contenant moins d'eau que celui dans lequel la Teigne ne peut pourtant plus évoluer, la fécule ; la richesse en amidon de la farine et de la fécule est sensiblement la même, mais seule l'*Ephestia* peut utiliser largement ce corps pour sa nutrition alors que la Teigne ne paraît pas l'attaquer. En outre, la farine contient comme le grain de blé un peu de matières sucrées, cellulosiques, minérales et surtout azotées (10 0/0) alors que la fécule ne présente ces composés qu'à l'état de traces. Ce manque d'éléments nutritifs totalement ou partiellement solubles, peut-être aussi éléments indispensables comme variété, et la non utilisation de l'amidon, expliqueraient en partie l'impossibilité que nous avons rencontrée de faire évoluer la Teigne dans de la fécule pure (1).

Nous savons que les chenilles exigent une certaine quantité de nourriture azotée ; la soie avec laquelle elles tissent leurs cocons est en grande partie faite avec des dérivés de cet élément (2).

En conclusion, parmi les facteurs réglant le régime d'un insecte phytophage et lui assignant des limites se placent :

L'état physique des aliments ;

La composition chimique de ces aliments :

- 1° Corps pouvant attirer l'insecte ou le retenir.
- 2° Composés nutritifs ; dépendent du pouvoir de digestion de l'espèce envisagée vis-à-vis des différents corps contenant des éléments utiles, et des coefficients de digestibilité propres de chacun de ces corps.
- 3° Groupement des composés nutritifs : corps indispensables, soit sous une certaine abondance (aliments principaux), soit seulement à faibles doses (aliments complémentaires).

(1) Les chiffres que nous donnons ne sont que des moyennes ; il y a une certaine variabilité dans ces compositions chimiques avec les individus, les races, et les conditions de milieu dans lesquelles les individus ont évolué. Nous cherchions surtout à mettre en relief les proportions relatives des différents éléments constitutifs des aliments et le sens de leurs variations.

Certains documents ont été puisés dans les ouvrages d'ANDRÉ (chimie agricole), de MOLLIARD (nutrition des plantes) ; de COUDON et BUSSARD (recherches sur la Pomme de terre alimentaire) ; de BERTAULD (*Loc. cit.*), d'AIMÉ GIRARD et de MEYER.

D'autres sont dus à la très grande obligeance de MM. ANDRÉ, COUDON et BELVAL.

(2) Le Ver à soie, espèce à propriétés sericigènes des plus développées, demande pour une bonne production en soie, un aliment des plus riches en azote, les feuilles du Mûrier : METALNIKOF a montré pour *Galleria melonella*, la nécessité dans l'alimentation de matières azotées pour un développement normal des individus.

ditions culturelles de la Pomme de terre se présentent d'une façon très analogue à celle rencontrées dans le département du Var; l'introduction de la Teigne n'y provoquerait qu'une gêne d'une importance en moyenne assez faible bien que variable suivant les années. Pourtant une menace assez vive existe pour divers gros centres producteurs de pommes de terre du Midi de la France, celui de Manosque en particulier, centres où les conditions climatiques et surtout culturelles semblent favorables à l'établissement de la Teigne et l'apparition de dégâts importants. Les conséquences économiques d'une introduction de la Teigne pourrait y devenir fort graves, la culture de la Pomme de terre d'arrière-saison occupant une place importante et se trouvant être la base d'une des principales ressources de ces régions.

Il semble toujours peu probable qu'une extension de la Teigne se réalise en dehors du littoral de la Méditerranée, pourtant réserves formulées en 1912 subsistent toujours.

Les différentes pratiques qui permirent d'obtenir une limitation suffisante de la Teigne dans le département du Var ne peuvent être entièrement étendues aux nouvelles régions qui viendraient à être envahies; elles reposent pour une bonne part sur l'abandon quasi complet de la culture d'été et sa limitation à de petites surfaces; de telles pratiques ne constituant qu'un moyen extrême, applicable seulement dans des conditions toutes locales et particulières comme celles du foyer actuel. On ne peut songer à leur généralisation, surtout dans les régions où la culture d'arrière-saison se trouve être une des bases de la prospérité agricole et où la culture de primeurs ne peut être instituée.

Seuls les procédés de protection des tubercules, après leur arrachage, peuvent être aisément préconisés dans toutes les régions; mais, s'ils apportent une limitation importante de la Teigne, leur efficacité n'est pourtant pas absolue, surtout si la pullulation de la Teigne est élevée, car ils n'agissent que sur une faible partie de l'évolution annuelle de l'insecte. Il serait intéressant de pouvoir les compléter d'autres procédés, facilement utilisables comme eux dans la pratique courante, et pouvant être généralisés dans toutes les régions venant à être envahies.

DEUXIÈME PARTIE

LIMITATION DE LA TEIGNE PAR DES PROCÉDÉS CULTURAUX.

I. — DIRECTIVES DES RECHERCHES.

Nous savons qu'un Insecte phytophage vivant sur plante mise en culture, rentre dans le cadre des espèces indifférentes si sa pullulation est constamment maintenue au-dessous d'un maximum peu élevé par le jeu d'un certain nombre de facteurs naturels agissant comme freins limitateurs de multiplication. Les principaux de ces facteurs sont le climat, la carence alimentaire et la lutte biologique.

Si à la suite de la mise en culture des plantes, ces facteurs deviennent insuffisants ou se trouvent éliminés, nous cherchons par des artifices à les renforcer ou les faire revenir en action; souvent nous établissons ainsi puis maintenons une limitation naturelle suffisamment efficace pour que normalement nous n'ayons plus à tenir compte de ces espèces qui, sans cette précaution, pulluleraient aussitôt et se montreraient fort nuisibles. C'est vers cette solution que tous nos efforts doivent tendre, puisqu'à notre point de vue elle est la plus avantageuse de toutes, étant la moins onéreuse.

Ce n'est que lorsque nous ne pourrons atteindre ce but et encore seulement pour certains cas spéciaux, temporairement ou occasionnellement à titre complémentaire, que nous pourrons envisager l'utilisation d'autres agents limitateurs de nature toute différente et devant être apportés artificiellement : les insecticides. Dans cette voie, nous nous trouvons vite limités par les questions de prix de revient.

Pour la Teigne, nous aurons donc à examiner en premier lieu quels sont les facteurs naturels qui en limitent la multiplication, comment ils agissent et quelle est leur aire de distribution géographique.

Les facteurs climatiques jouent en France un rôle très important dans

la limitation de la Teigne; souvent ils se montrent éliminatoires et c'est vraisemblablement surtout à leur action que nous devons la non extension actuelle de cette mineuse sur l'ensemble de notre territoire et le peu de chance d'une réalisation ultérieure de cette éventualité. Ils ne font défaut que sur le littoral de la Méditerranée où ils laissent à la Teigne une possibilité de multiplication rapide et abondante.

La carence alimentaire vient largement restreindre l'aire de pullulation possible de la Teigne en France laissée par le climat. Elle agit en effet sur presque tout le littoral de la Méditerranée, région où la culture de la Pomme de terre d'arrière-saison se montre souvent peu abondante et très clairsemée. La carence alimentaire fait pourtant à peu près totalement défaut en quelques rares points, ceux où la culture de Pomme de terre d'automne devient intensive. Elle laisse alors à la Teigne une possibilité de multiplication abondante.

Le troisième facteur limitateur, la lutte biologique, aurait pu nous apporter pour ces points la limitation naturelle demandée. Malheureusement, nous voyons par les études de PICARD qu'il n'a qu'un très faible rôle en France; nous ne pouvons compter sur lui tel qu'il se présente actuellement au moins pour un rôle important.

Nous sommes à peu près sans action sur les facteurs climatiques; tout au plus pouvons-nous les employer localement en faisant des cultures de primeurs, mais cette voie reste très limitée et ne nous donne pas une solution générale répondant entièrement à nos besoins.

Nous pouvons chercher à faire jouer la carence alimentaire, à lui donner un plus grand rôle qu'elle n'en présente le plus souvent; par la culture intensive de la Pomme de terre, nous avons beaucoup diminué sa valeur primitive. Ce sera l'objet d'une première série d'études.

Quant à la lutte biologique, nous voyons tout de suite qu'il est fort possible qu'elle ne se présente en France qu'avec une valeur fort inférieure à ce qu'elle pourrait être, et qu'en conséquence elle soit susceptible d'une utilisation beaucoup meilleure. La Teigne n'est en effet chez nous qu'une espèce d'importation, ses parasites les plus efficaces peuvent fort bien ne pas l'avoir suivie et ne pas avoir été remplacés sur notre territoire comme rôle limitateur par des espèces indigènes. Nous avons là une seconde voie importante de recherches.

II. — RECHERCHES SUR L'UTILISATION DE LA CARENCE ALIMENTAIRE.

Cette voie d'étude a déjà fourni à PICARD des procédés fort intéressants, tels ceux permettant de s'opposer à la migration automnale des papillons, des champs vers les tubercules récoltés. Ces procédés permettent

de prévenir la contamination des tubercules par la Teigne après les arrachages aussi les réunissons-nous sous le titre de procédés de conservation des récoltes. Leur étude ayant été achevée, nous n'avons pas à l'envisager ici.

En étudiant de près comment se produit l'envahissement des récoltes de tubercules par la Teigne, nous avons reconnu que la contamination pouvait fort bien avoir lieu en terre avant les arrachages; il n'est pas rare en effet de rencontrer à ce moment, surtout lorsque l'époque est tardive, beaucoup de tubercules déjà minés par des chenilles et qui, de ce fait, se trouvent dépréciés pour une vente immédiate ou impropres à une conservation prolongée. Même si les chenilles n'ont pas encore commis des dégâts visibles, la contamination des récoltes peut fort bien avoir lieu sur pied; de graves mécomptes en résultent alors dans leur conservation.

Le mécanisme de l'infection par la Teigne des tubercules encore en terre étant peu connu, nous nous en sommes proposés l'étude; quelques indications sur l'intérêt de cette voie nous étaient données d'une part par l'observation de certaines pratiques très empiriques suivies çà et là dans le département du Var et qui semblaient conduire à de bons résultats; et, d'autre part, par différents conseils émis par divers Entomologistes des Etats-Unis.

Etude du mode de contamination des tubercules de pommes de terre par la Teigne dans le sol. — CLARKE et CRAF signalent que des larves, au moment de la dessiccation des parties aériennes des Pommes de terre, se laissent glisser sur le sol, atteignent les tubercules, pénètrent à leur intérieur et y achèvent leur évolution. PICARD pense que ce mode de contamination est très possible, mais n'a pas eu l'occasion de le vérifier. Nous avons institué diverses expériences dans les champs pour l'étudier.

En mai 1922, 26 pieds de pommes de terre plantés sur deux lignes furent mis en expérience pour ces recherches. L'examen attentif de leur feuillage fait à ce moment ne révéla aucune mineuse, bien qu'à la même époque des pieds de Morelle noire ou de Pommes de terre observés dans des champs assez éloignés contenaient quelques chenilles de Teigne dans leurs tiges ou sur leurs feuilles.

Dans le champ d'essai, dix pieds furent enfermés chacun dans une cage en tarlatane, haute de un mètre et descendant jusqu'au ras du sol qu'elles protégeaient sur un cercle de 20 cm. de rayon. Les pieds enfermés avaient ainsi leurs tiges, leurs feuilles et la majorité de leurs tubercules à l'abri des pontes des Teignes; ils alternaient avec des pieds témoins laissés sans abri (voir fig. 8); sur l'ensemble des dix cages, quatre furent contaminées artificiellement en posant sur le feuillage de la touffe qui s'y trouvait enfermée un petit tubercule attaqué par plusieurs mineuses, car nous manquions alors de papillons adultes, en particulier de femelles

fécondées n'ayant pas encore pondu; ce mode de contamination donna d'ailleurs de bons résultats.

La végétation du champ fut normale pendant tout l'été. L'arrachage a été effectué au début d'août, lorsque les feuilles et les tiges des pommes de terre furent complètement desséchées, indice de la maturité complète des tubercules. Le relevé des résultats est indiqué sur la figure 9, mais ses conclusions essentielles peuvent se résumer comme suit :

Sur 16 pieds non abrités par de la tarlatane, 15 furent attaqués.

Sur six pieds protégés par la tarlatane, tous restèrent indemnes.

Sur quatre pieds enfermés sous de la tarlatane, mais contaminés artificiellement, trois furent attaqués.

Il y a donc bien contamination avant l'arrachage, conformément aux indications de CLARKE et GRAF.

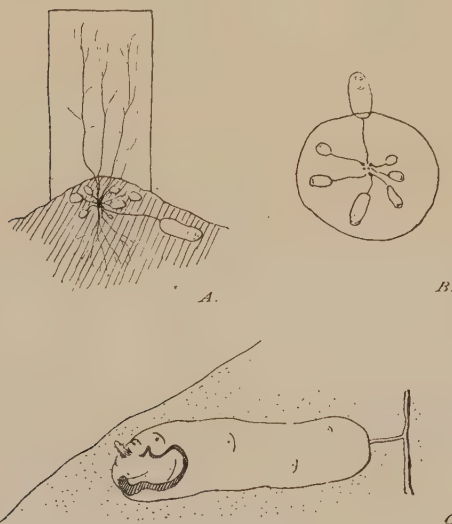


Fig. 8. — Expériences sur le mode de contamination des tubercules de Pomme de terre par la Teigne dans le sol avant l'arrachage.

- a) Coupe d'une cage d'expérience.
- b) Plan de la même cage. Seul, le tubercule situé en dehors de la zone protégée par la cage a été attaqué par la Teigne.
- c) Tubercule dans le sol présentant les premières attaques de la Teigne.



Fig. 9. — Plan du champ d'expérience. Indication des observations effectuées.

- Pied enfermé sous une cage.
- + Pied ayant été contaminé artificiellement.
- Pied dont les tubercules furent attaqués par la Teigne.
- ⊙ Pied dont les tubercules furent très attaqués par la Teigne.

Les recherches faites sur chaque touffe pour déterminer la proportion

entre les tubercules sains et ceux minés au moment de l'arrachage, et pour relever l'emplacement des premières galeries fournissent des indications précieuses sur la façon dont se produit l'infection des récoltes par la Teigne pendant leur maturité en terre.

Dans la touffe formée par un pied de Pomme de terre, les tubercules rayonnent autour du point occupé par la semence mère et par les tiges qu'elle a émises. Leur disposition est telle que leurs bourgeons terminaux se trouvent toujours situés vers l'extérieur de la touffe et que les stolons proviennent de son centre. L'examen des tubercules montre que toujours les premières galeries de développement de la Teigne sont du côté du bourgeon terminal et qu'elles ne se rencontrent jamais au point d'attache du stolon. La contamination n'a donc pas lieu par des chenilles migratrices, descendant de proche en proche à l'intérieur des tiges au fur et à mesure de leur dessiccation, puis passées dans les stolons, et enfin dans les tubercules.

CLARKE pense que les chenilles abandonneraient le feuillage lorsqu'il commence à se dessécher et qu'elles se laisseraient alors glisser sur le sol. Après avoir erré sur ce dernier, elles finiraient par trouver des fissures les conduisant aux tubercules et rencontrant là un aliment favorable, elles continueraient leur évolution. Ce mode de pénétration semble pouvoir se réaliser assez facilement lorsqu'il s'agit de jeunes chenilles; en effet, dans les élevages, on constate que, aussitôt après leur éclosion, les chenilles sont souvent capables d'errer longtemps jusqu'à ce qu'elles trouvent un point de pénétration dans une matière propre à leur servir d'aliment. Pourtant ce mode de pénétration ne me semble pas devoir être très général, car au moment où la contamination des tubercules commence, le feuillage est encore assez vert. Or, en élevage, les chenilles, en général, ne quittent pas une pomme de terre à demi-rongée pour passer à une autre un peu éloignée; elles ne le font que lorsque la première est hors d'état de leur fournir de la nourriture. Pourquoi alors quitteraient-elles le feuillage pouvant encore les nourrir?

Qu'est-ce qui pourrait indiquer à ces chenilles mineuses qu'elles ont dans le sol un aliment leur permettant de continuer leur évolution alors que cette pratique de migration leur serait absolument funeste lors de leur évolution sur les Solanées ne tubérisant pas, bien qu'ayant leur feuillage se desséchant plus ou moins complètement au cours de l'été?

Il semble que dans certains cas, la contamination sous terre doive être attribuée à des œufs pondus sur les yeux mêmes des tubercules, par des papillons étant parvenus à les atteindre grâce aux fissures du sol. Nos expériences avaient été effectuées dans une sol très argileux, desséché et fissuré l'été. En accord avec cette façon de voir au début de la saison, alors que les tiges étaient en pleine végétation, nous avons pu trouver des œufs sur des tubercules formés très près de la surface du sol et dont parfois une petite partie de l'épiderme n'était pas recouverte de terre.

Lors des expériences sur les pieds enformés dans des cages de mousseline, nous avons remarqué un fait semblant confirmer cette interprétation; un pied n'ayant fait l'objet d'aucune contamination artificielle avait tous ses tubercules absolument sains, sauf un (fig. 8).

En relevant les emplacements relatifs de ces tubercules par rapport à la surface du sol protégée par la cage, nous avons été surpris de constater que seul le tubercule attaqué s'était formé en dehors de la zone de protection alors que tous les autres au contraire, les indemnes, se trouvaient à son intérieur. En raison de son emplacement, il avait ainsi pu être facilement contaminé par les papillons voltigeant au dehors. Il se trouvait recouvert d'une couche de terre de plusieurs centimètres, mais celle-ci était largement traversé par de profondes crevasses de dessiccation élargies sous l'influence du grossissement rapide du tubercule.

La contamination des tubercules en terre pourrait donc avoir lieu aussi bien par des papillons que par des chenilles migratrices; les uns et les autres les atteindraient par les fissures du sol.

Conclusion. — Procédés cultureux permettant de prévenir la contamination des tubercules par la Teigne avant les arrachages. — La contamination des tubercules en terre ayant lieu par des papillons ou par des chenilles descendant dans les fissures du sol, nous pensons qu'elle pourrait être en grande partie prévenue par les pratiques culturales suivantes :

Effectuer des plantations profondes de préférence et répéter les buttages. Les tubercules se formeront ainsi sous une épaisse couche de terre; ils auront beaucoup moins de chances d'être contaminés par la Teigne que s'ils s'étaient formés superficiellement.

Préférer, dans la mesure du possible, les terres légères sablonneuses aux terres argileuses; elles se fissurent moins.

Arracher précocement, autant que la maturité des récoltes nécessaire à des conservations prolongées le permet. Cette pratique tend d'ailleurs à se répandre de plus en plus et les cultivateurs avisés l'emploient déjà plus ou moins habilement depuis plusieurs années. On ne saurait trop la préconiser malgré les inconvénients qu'elle entraîne (légère diminution de récolte et impossibilité de conserver les récoltes peu mûres très tard en saison); ces inconvénients sont beaucoup moins grands que celui d'une perte totale et rapide par le fait du développement de la Teigne.

Irriguer le sol si possible afin d'en diminuer la fissuration et de maintenir le feuillage des plantes vert aussi longtemps que possible; les migrations automnales seront alors plus réduites.

Remarquons que, par notre manière d'opérer avec les façons culturales, nous faisons revenir en action la carence alimentaire non plus sous sa forme primitive présentée dans la nature sauvage mais sous une toute

autre. Nous substituons à la dissémination des individus, la suppression périodique des hôtes; nous produisons une rupture dans le cycle évolutif de la Teigne par la création artificielle de périodes de famine (1).

En principe, l'efficacité de tels procédés devrait être absolue; en réalité, quelques individus échappent toujours à la disette alimentaire soit par une évolution temporaire ou constante sur les Solanées sauvages croissant aux abords des champs et ne se trouvant pas détruites à l'automne, soit par une évolution temporaire sur les récoltes conservées sans soins. Ils assurent le maintien de l'espèce et jouent, par conséquent, un rôle fort néfaste dans les cultures et avec lequel nous avons souvent à compter.

III. — MESURES A ENVISAGER POUR L'EXTINCTION DE FOYERS DE TEIGNE NOUVELLEMENT FORMÉS. (2)

PICARD ayant déjà longuement étudié la question, nous ne donnerons ici qu'un résumé des conclusions auxquelles cet auteur est parvenu, les

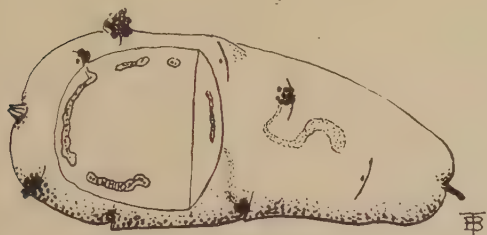


Fig. 10. — Tubercule de Pomme de terre attaqué par la Teigne (schéma).

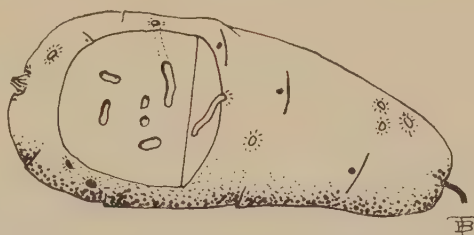


Fig. 11. — Tubercule de Pomme de terre attaqué par des larves de Taupins (schéma).

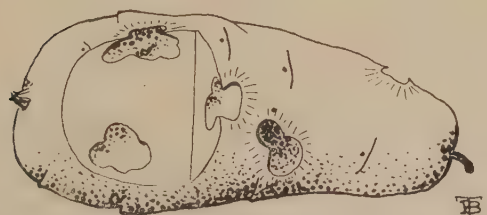


Fig. 12. — Tubercule de Pomme de terre attaque par les Vers gris ou les Vers blancs (schéma).



Fig. 3. — Papillon de la Teigne des Pommes de terre (grandeur naturelle).

(1) Dans presque tous les cas où nous faisons revenir en action la carence alimentaire pour la limitation naturelle d'un insecte nuisible, nous la faisons réapparaître comme pour la Teigne, sous une forme très différente de celle qu'elle présentait primitivement dans la nature. Nous substituons presque toujours à la dissémination des individus, facteur qui ne se montre pas compatible avec nos nécessités de culture, la rupture de cycle évolutif ou la famine temporaire. Cette rupture est plus ou moins importante selon les cas; elle peut n'être que de quelques mois par an comme pour la Teigne, pour *Megacraspedus*, pour le Négril et le Phytonome de la Luzerne, pour l'Anthonome du Cotonnier, par exemple; le plus souvent, elle porte sur une ou plusieurs années consécutives. (Rotation: de culture ou assolements.)

(2) Reconnaissance pratique de la présence de la Teigne.

Il est assez facile de reconnaître, d'après la nature des dégâts, la présence de la Teigne dans un lot de tubercules de Pomme de terre. Comme il importe de reconnaître un nouveau foyer dès ses débuts, pour avoir encore des chances de l'éteindre, il est utile que dans les régions intéressées la présence de la Teigne puisse être établie sans retard. Naturellement, dans les cas importants, les déterminations rapides effectuées sur place devront être confirmées par les services compétents.

Souvent des pronostics erronés se glissent à la suite de confusions des dégâts de la Teigne avec

repreuant seulement pour leur adjoindre quelques indications fournies par des recherches faites depuis par divers auteurs.

Tout tas de pommes de terre fortement attaqué sera détruit sans retard (brûlé au pétrole, profondément enfoui en terre et recouvert de chaux vive ou traité par des gaz toxiques employés à fortes doses, le local le contenant désinfecté (sulfure de carbone 80 gr. par mc. Chloropicrine 10 gr.) et, par mesure de sécurité, aucun nouveau tubercule n'y sera déposé pendant un certain temps. Les tas de pommes de terre et les cultures les plus proches devront être soigneusement inspectés. Si l'attaque est très faible, une désinfection soignée ou une mise en consommation locale immédiate des tubercules pourront être tolérées (1).

Les arrachages se feront précocement dans les champs et seront accompagnés d'un examen immédiat des tubercules suivi d'un triage permettant de séparer les tubercules atteints à détruire dans les plus brefs délais, de ceux suspects seulement, à livrer à la consommation locale immédiate ou à une désinfection s'ils doivent être conservés quelque temps. Tout tas de tubercules devra être fréquemment inspecté.

Eventuellement, il pourra être envisagé l'application de traitements sur

ceux des Taupins ou des Vers gris, espèces assez répandues. Il importe donc de bien suivre les indications que nous donnons ici pour la détermination et de ne pas se contenter seulement d'un examen trop sommaire.

La chenille de la Teigne est quasi la seule qui s'attaque aux tubercules lorsqu'ils sont arrachés. Toute attaque se poursuivant dans les récoltes emmagasinées indique presque à coup sûr la présence de la Teigne. En conséquence, si ayant enfermé dans un récipient clos et tenu au chaud (25°), un certain nombre des tubercules suspects, on voit les dégâts s'aggraver rapidement, des chenilles circuler, et au bout de peu de temps, des papillons voltiger, on peut être presque certain de se trouver en présence de la Teigne. De même si, dans de telles conditions opératoires les dégâts cessent, il y a de fortes chances qu'il ne s'agisse pas de cet insecte.

Au moment des arrachages, les galeries de la Teigne sur les tubercules sont peu nombreuses, elles se trouvent au voisinage des yeux, se montrent superficielles, très sinueuses, de faible diamètre, et remplies d'excréments. Elles ne s'ouvrent pas à l'extérieur par de larges ouvertures. Ultérieurement lors de la mise en magasin des tubercules, les galeries deviennent plus nombreuses, et quelques-unes peuvent être profondes; elles sont toujours humides et contiennent des chenilles blanches ou jaunâtres. Sur les yeux de gros paquets de déchets noirs apparaissent rapidement.

Les dégâts des Taupins et des Vers gris sont de toute autre nature. Les premiers apparaissent sous la forme de galeries droites perçant de part en part les tubercules, et s'ouvrant directement à l'extérieur par un large orifice; rarement elles sont superficielles. Les seconds comprennent de grandes cavités arrondies de plusieurs millimètres de diamètre s'ouvrant très largement à l'extérieur et pénétrant assez profondément à l'intérieur des tubercules. Les uns et les autres cessent aussitôt les arrachages. Le plus souvent, à partir de ce moment, les galeries se dessèchent et restent remplies de terre, elles ne contiennent des larves que rarement.

Parfois, les larves des Bibions s'attaquent aux tubercules encore en terre; les dégâts qu'elles commettent sont assez analogues à ceux effectués par les Taupins et comme eux, ils cessent avec les arrachages.

(1) La désinfection des tubercules par le sulfure de carbone a été souvent préconisée par les entomologistes des Etats-Unis ou de la colonie du Cap. Les doses conseillées sont des plus variables : 45 gr. par m³ pendant 24 heures; 30 gr. par m³ pendant 48 heures, 150 gr. par m³ pendant 48 heures (et en répétant deux fois en trois semaines), aussi ne les donnons-nous que sous toutes réserves. Les auteurs américains recommandent de ne pas les effectuer aussitôt l'emmagasinage.

PICARD a essayé ces procédés de désinfection à diverses reprises, mais n'a obtenu que des résultats ne confirmant pas ceux indiqués par les autres auteurs. En particulier, PICARD reconnaît que la désinfection, pour être efficace, devait avoir lieu à des doses détruisant la faculté germinative des tubercules ou rendant ces tubercules peu consommables. En plus, elle devait être répétée fréquemment.

La chloropicrine a été employée par M. VAYSSIÈRE pour le même but; les chenilles ont été tuées aux doses de 30 gr. pendant 24 h., mais des réserves doivent encore être faites sur la persistance du pouvoir germinatif et surtout sur la possibilité de conservation prolongée des tubercules après le traitement.

Des études actuellement en cours sur la désinfection des Végétaux ou les produits végétaux nous donnerons des indications plus complètes sur les techniques opératoires à suivre. Ce sera surtout à elles qu'il y aura lieu de se reporter en cas de besoin.

les feuilles avec des bouillies arsénicales (1), ou même une cessation temporaire de toute culture pendant une année par exemple, si le foyer était très limité. Dans ce dernier cas, on réservera des champs-pièges destinés à recevoir des traitements répétés; il est prudent de prévoir leur installation afin de prévenir toute migration au loin des papillons à la suite d'une absence locale trop complète de toute plante pouvant recevoir leurs œufs.

Suivant l'abondance des Solanées sauvages, des cultures de Tabac, d'Aubergines ou de Tomates, des mesures spéciales seront à envisager.

Naturellement les façons culturales indiquées pour la limitation normale de la Teigne doivent être appliquées dès les débuts et sur une surface assez considérable pour former zone de protection.

L'extinction d'un nouveau foyer de la Teigne ne peut être escomptée que si celui-ci est encore très limité et si des mesures sévères sont appliquées rigoureusement par tous les intéressés. La Teigne, en raison de son mode de vie, passe aisément inaperçue; elle peut fort bien subsister dans une région après de premiers traitements d'extinction cessés hâtivement. Si le foyer est assez étendu, la Teigne, en se maintenant sur des plantes sauvages, risque d'échapper à une extermination complète en dépit des soins pris pour sa destruction dans les cultures.

IV. — TABLEAU-RÉSUMÉ DES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS CULTURAUX D'EMPLOI COURANT PERMETTANT DE PRÉVENIR LES DÉGATS DE LA TEIGNE SUR LES POMMES DE TERRE. REMARQUES.

Nous indiquons ici les conclusions des travaux de PICARD, de ceux faits depuis 1912 par différents Entomologistes étrangers et des nôtres. Les procédés sont classés par ordre d'application au cours de l'année.

1° Préférer pour les plantations, dans la mesure du possible, les terres sablonneuses aux terres argileuses;

2° Planter les tubercules mères profondément. Rejeter pour cet usage tous ceux qui seraient déjà attaqués par la Teigne;

(1) Les pulvérisations arsénicales ont été préconisées par divers auteurs, surtout en Amérique pour les cultures du Tabac, cas dans lesquels elles paraissent donner des résultats assez intéressants.

Elles permettent d'atteindre quelques chenilles jeunes et peut-être d'empoisonner un certain nombre de papillons; nous doutons que leur efficacité puisse être bien grande dans le cas de la Pomme de terre, surtout en arrière saison, moment où leur emploi aurait le plus d'intérêt, la grande densité du feuillage rendant alors toute aspersion complète très difficile.

Les doses probables à employer seraient de 600 à 700 grammes d'arséniate de plomb. On utilisera surtout les formules mises au point dans la lutte contre Doryphore. La législation actuelle permet leur emploi en grande culture jusqu'à huit jours avant les arrachages mais les interdit pour le jardinage.

Nous pensons que des résultats intéressants seraient obtenus pour la Teigne par l'utilisation de vapeurs ou de brouillards toxiques qu'on dégagerait dans les champs. Mis sous cette forme les insecticides pénétreraient parfaitement bien dans le feuillage des touffes et peut-être même aussi dans les galeries abritant les chenilles. Des recherches actuellement en cours dans cette voie nous donneront les précisions désirées. Leurs conclusions seront à prendre en considération dans l'établissement de la lutte contre la Teigne.

3° Butter les pieds de Pommes de terre pendant le cours de la végétation; éviter que les tubercules n'apparaissent à la surface du sol;

4° Si possible, irriguer le sol afin d'en diminuer la fissuration et, en même temps, de maintenir le feuillage vert aussi longtemps que possible;

5° Arracher les tubercules dès que leur maturité est suffisante pour assurer leur conservation. Eliminer à ce moment tous ceux qui sont déjà attaqués, les isoler et les consommer sans retard.

Ne jamais retarder le moment des arrachages;

6° Aussitôt après l'arrachage, dès qu'il sont secs, ensacher rapidement les tubercules et les rentrer le soir même dans des locaux les plus clos possible. Ne pas couvrir les sacs ou les tas avec des fanes;

7° Les tubercules seront emmagasinés par tas peu épais et recouverts d'une couche de sable de plusieurs centimètres (1).

Une surveillance suivie permettra de reconnaître si les germinations se produisent et si un ébourgeonnement s'impose; on se méfiera aussi des envahissements par les moisissures. En fin novembre, les tas pourront être découverts.

Si l'on doit opérer sur d'importantes quantités de tubercules il y aurait grand avantage pécunier à utiliser des magasins bien clos et froids mais aérés par des fenêtres grillagées; il ne sera alors pas nécessaire de recouvrir les tas de pommes de terre, ce qui permet une meilleure conservation (2).

Ces différents procédés cultureux peuvent entrer en application dès maintenant; ils seront à généraliser si la Teigne vient à envahir de nouveaux territoires. Dans le cas où les dégâts de la Teigne se montreraient très importants, il y aura lieu de les compléter par l'emploi des procédés basés sur l'utilisation de la lutte biologique indiqués dans les pages suivantes.

Nous ne croyons pas que l'on puisse envisager d'ici un certain temps encore l'utilisation d'insecticides d'une façon courante pour combattre la Teigne. L'efficacité des agents de destruction physico-chimique dont nous disposons à l'heure actuelle est très faible vis-à-vis d'insectes comme la Teigne qui présentent une pullulation très rapide, qui se disséminent aisément et qui vivent presque tout le temps cachés à l'intérieur des tissus végétaux très délicats. Leur action demeure le plus souvent aléatoire et leur prix de revient se montre fort élevé par rapport aux bénéfices apportés. D'ailleurs une plante de grosse production comme la pomme de terre ne peut supporter que des frais cultureux limités (3). Toutefois, lorsque de

(1) Sur le littoral de la Méditerranée on peut se servir des algues marines. Des toiles peuvent également être utilisées. Dans les pièces closes, ces précautions sont inutiles si les tubercules ont été recueillis en grande majorité sains, le paradichlorobenzène pourrait être utilisé pour détruire les quelques papillons pouvant éclore.

(2) Ces conclusions concernant la pratique courante feront l'objet d'une petite brochure de vulgarisation.

(3) On ne peut comparer les cas de la Teigne à celui du Doryphore au point de vue de l'emploi des insecticides. Ce dernier ravageur est facile à atteindre puisqu'il vit complètement à l'extérieur

nouvelles études fondamentales sur le mode d'action physiologique des insecticides nous auront mieux documenté sur l'emploi de ces agents et nous auront permis de les utiliser avec un rendement, une efficacité, une sécurité et une économie beaucoup plus grande, il nous semble que des applications intéressantes pourraient en être déduites, en particulier pour la désinfection des tubercules aussitôt après leur mise en magasin.

Mais en attendant que nous puissions disposer de ces nouvelles bases d'études, il nous semble que le problème de la limitation courante de la Teigne ne puisse guère être envisagé au delà des limites que nous avons prises ici. Une pullulation très abondante de la Teigne, même conduisant à des dégâts sérieux, mais essentiellement locale ou régionale, ne pourrait plus être combattue, économiquement parlant. Les frais d'une lutte plus serrée deviendraient vite prohibitifs; ils augmenteraient le coût de production à un point où il n'y aurait plus possibilité pour les régions intéressées de résister à la concurrence commerciale effectuée par les régions voisines non envahies. Il s'en suivra toujours automatiquement une réduction progressive de la culture devenue sans avantages ou même déficitaire; les plantations se raréfieront peu à peu et l'achat au dehors se substituera assez vite à l'utilisation sur place des produits locaux de qualité dépréciée, de conservation mal assurée et de prix de vente peut-être plus élevé.

S'il venait à être établi que la Teigne puisse envahir tout le territoire français et y étendre ses dégâts, le problème posé serait de toute autre nature. N'ayant plus alors à envisager les effets de la concurrence commerciale de région indemne et région envahie, les frais de production de la pomme de terre pourraient être plus augmentés sans crainte de mévente locale; divers procédés de destruction ne pouvant être utilisés dans les conditions actuelles en raison de leur prix de revient, deviendraient alors d'un emploi avantageux et se montreraient susceptibles d'entrer dans la pratique courante.

Comme cette hypothèse de la généralisation de la Teigne nous a paru fort peu probable, nous n'avons pas cru que l'étude détaillée de ses conséquences faisait partie du cadre des nécessités de recherches actuelles, aussi ne l'avons-nous pas envisagée. Elle serait à entreprendre sans retard si des documents nouveaux venaient à nous faire craindre un envahissement général par la Teigne.

Tous les travaux se rapportant à cette mineuse devront donc toujours être attentivement surveillés et interprétés à ce point de vue.

des feuilles. En outre il ne déprécie pas les récoltes comme la Teigne mais au contraire il les empêche de se former. Sa limitation se présente donc comme une nécessité sans laquelle aucune culture ne pourrait être entreprise et non comme un complément. La question des prix de revient se présente donc tout autrement pour la Teigne que pour le Doryphore.

TROISIÈME PARTIE

LIMITATION DE LA TEIGNE PAR LES INSECTES ENTOMOPHAGES.

Dans les régions où à la fois le climat et la carence alimentaire ne suffisent pas naturellement pour maintenir la pullulation de la Teigne au-dessous d'une valeur peu élevée, nous avons vu que nous pouvons artificiellement faire revenir en action le second de ces deux facteurs limitateurs, la carence alimentaire.

Pourtant, dans cette voie, nous nous trouvons vite limités soit par des questions de prix de revient éliminatoires, soit aussi par des incompatibilités des procédés obtenus avec ceux nécessités pour la culture même de la Pomme de terre, c'est-à-dire pour la production des tubercules par quantités importantes. Aussi cette première limitation par les procédés cultureux pourra-t-elle se montrer parfois insuffisante.

En conséquence, la dernière voie de recherches, celles de l'utilisation dans les meilleures conditions de la lutte biologique naturelle, se présente à nous avec une importance toute particulière. D'abord, parce que les moyens qu'elle fournit étant peu onéreux sont susceptibles d'une application courante, ensuite parce que ces moyens agissant sur les générations de la Teigne sur lesquels nous sommes autrement sans pouvoir, complètent très heureusement les premiers procédés de limitation. La question de l'utilisation des parasites méritait donc d'être étudiée particulièrement en détail.

CHAPITRE PREMIER.

POSSIBILITÉS D'UTILISATION DES INSECTES ENTOMOPHAGES.

I. — PARASITES DE LA TEIGNE EN FRANCE. — LEUR RÔLE.

La question a été étudiée d'une façon approfondie par PICARD, en 1912, mais, comme un intervalle de dix ans nous séparait de ces recherches, nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à revoir rapidement certains points, en particulier à se rendre compte de la marche des adaptations parasitaires naturelles ayant pu s'effectuer sur la Teigne depuis cette époque. Les conclusions de cette revision, quelle que soit leur nature, se montreraient des plus utiles pour formuler des pronostics.

PICARD reconnut qu'assez fréquemment les chenilles de la Teigne étaient attaquées par un Acarien, le *Pediculoïdes Ventricosus*; une larve de Cléride fut aussi observée dans un tas de pommes de terre attaquées; elle se nourrissait de chenilles de Teigne (1). Plus rarement, des Bactéries et des Champignons entomophytes furent rencontrés, mais leur action destructive lors de l'invasion de 1911, fut assez limitée. En 1921 et 1922, nous avons pu ajouter quelques espèces, également d'importance secondaire à cette première liste.

D'abord, une Fourmi prédatrice (*Pheidole pallidula*) qui se montre capable d'attaquer dans les magasins les Teignes sous leurs différents états : chenilles, papillons chrysalides. Au cours de nos divers travaux d'élevage, nous avons éprouvé de graves difficultés du fait de son envahissement.

Plusieurs fois, nous avons assisté à un véritable carnage de Teignes par ce prédateur. Ainsi, au moment où nous venions de disposer sur des claies des pommes de terre fortement attaquées, les chenilles adultes, au fur et à mesure qu'elles quittaient leur galerie pour errer avant la nymphose, étaient assaillies par des groupes de trois à quatre Fourmis qui, aussitôt, les harcelaient et finissaient par se cramponner après elles avec leurs mandibules. Malgré les soubresauts désespérés effectués par les chenilles pour se libérer, aucune Fourmi ne lâchait prise. Peu à peu, les chenilles épuisées cessaient de réagir. Les Fourmis traînaient leurs cadavres vers leur nid ou les dépeçaient immédiatement.

(1) Communication verbale de M. PICARD.

D'autres fois, nous avons assisté à un transport continu de cadavres de papillons ou surtout de chrysalides extraites de leurs cocons. Ça et là des Fourmis se groupaient autour de chrysalides et les dévoraient en grande partie sur place même.

Cette espèce peut jouer un rôle utile en détruisant dans les celliers ou dans les champs qu'elle visite bon nombre de cocons ou de chenilles errantes de Teigne.

Un Chalcidien parasite assez répandu sur notre territoire, le *Dibrachys boucheanus* Ratz vécut normalement sur des chenilles de Teigne, dans les conditions de laboratoire. Comme ce Chalcidien n'a qu'une évolution assez lente et qu'il est souvent parasite d'autres Hyménoptères plus utiles que lui en particulier de l'*Habrobracon Johannseni*, on doit le considérer comme ne présentant qu'une efficacité définitive assez faible, opinion que nous partageons d'ailleurs avec les divers auteurs américains qui ont observé dans la nature le *Dibrachys* évoluant sur la Teigne. Nous n'avons jamais rencontré cette espèce en France sur des matériaux récoltés dans les champs ou dans les magasins. Le fait qu'il y a pourtant attaque de la Teigne et l'*Habrobracon* sous les conditions de laboratoire, semble impliquer qu'il n'y aurait pas de différence biologique entre la race américaine et la race française de *Dibrachys boucheanus*, fait intéressant à connaître puisqu'il ne se montre pas général chez tous les parasites communs aux deux pays.

II. — PARASITES DE LA TEIGNE EN CALIFORNIE. — LEUR RÔLE.

La Californie étant très vraisemblablement la patrie de la Teigne, il était tout indiqué d'y rechercher les plus actifs parasites de cette mineuse (1).

Les études de GRAF faites récemment nous donnent toutes les indications désirables à cet égard. Elles montrent d'abord que la Teigne se trouve être attaquée en Californie par de très nombreux parasites à action souvent très importante, surtout vis-à-vis des générations évoluant sur le feuillage; cette action est moins élevée pour les générations vivant dans les tubercules emmagasinés, mais pourtant s'y montre encore appréciable.

Par leur activité, les parasites abaisseraient, limiteraient, la pullulation générale de la Teigne à un taux assez bas; par contre-coup, ils contribueraient à rendre l'attaque des tubercules beaucoup moins importante et même suffisamment faible pour qu'il soit alors facile de la prévenir par l'application de procédés cultureux appropriés. Les parasites agissent

(1) Dans différents autres pays des parasites locaux attaquent la Teigne occasionnellement; comme en France, ils ne jouent qu'un rôle assez secondaire, et ne comprennent toujours qu'un petit nombre d'espèces. Sauf pourtant aux Iles Hawaï, où les générations de la Teigne sur le Tabac sont attaquées par deux actifs parasites : *Chelonus Blackburni* et *Limenium Blackburni* (FULLOXAV) et dans la colonie du Cap, où SCHLUPP rencontra parfois 50 % des chenilles parasitées par un Ichneumonide (*Onorgue phthorimæ*).

sur la Teigne sur les emplacement et pendant les périodes ou pratiquement cette mineuse échappe à nos atteintes par d'autres procédés.

GRAF attribue en partie à cette réduction naturelle importante de la Teigne par les parasites, le fait curieux que cette mineuse est demeurée pendant très longtemps totalement ignorée des Entomologistes en Californie, pays étant pourtant très vraisemblablement sa patrie; c'est la variété et leur grande abondance des parasites qui a d'ailleurs indiqué cette dernière supposition à GRAF.

Espèce attaquant la Teigne en Californie. — GRAF relève onze parasites principaux (s'attaquant aux œufs, aux chenilles jeunes ou âgées et aux chrysalides) appartenant tous au groupe des Hyménoptères entomophages et se répartissant en quatre Chalcidiens, deux Ichneumonides, cinq Braconides. Tous vivent sur les mineuses des tiges et des feuilles; trois espèces seulement atteignent en même temps les générations de la Teigne évoluant sur les tubercules.

Toutes les espèces ne se montrent pas également utiles. Sur leur ensemble, cinq seulement sont vraiment efficaces; parmi elles, seules celles attaquant indifféremment les générations de Teigne vivant sur les tiges où les tubercules sont les plus importantes. Elles comprennent : l'*Habrobracon Johannseni*; le *Chelonus shoshoneanorum* et le *Dibrachys clisiocampæ*.

L'*Habrobracon Johannseni* Vier. est un Braconide assez largement distribué en Amérique et se rencontrant fréquemment. Il dépose ses œufs sur les chenilles de Teigne adultes. Sa multiplication est rapide puisque treize de ses larves peuvent vivre sur une seule chenille de Teigne et que sa durée d'évolution est courte (10 jours à 70° F.).

Le *Chelonus shoshoneanorum* Vier., est un Braconide qui pond ses œufs dans ceux de la Teigne. Ces derniers n'en continuent pas moins leur évolution, et donnent des chenilles qui parviendront à l'état adulte, mais, ne se nymphosent pas. Le mode de dépôt des œufs restreint la multiplication de l'espèce. Son cycle peut durer 31 jours à 72° F.

Le *Dibrachys clisiocampæ* Fitch., est un Chalcidien. Il vit aisément à l'obscurité mais il se montre peu efficace dans les champs. Quatorze de ses larves peuvent se nourrir sur une seule chenille de la Teigne. Son cycle évolutif est de 13 jours à 75° F. Il possède la dangereuse tendance de parasiter facilement divers entomophages plus utiles que lui, c'est-à-dire de devenir facilement hyperparasite (1).

Le rôle apporté par chacune de ces trois espèces dans la limitation de la Teigne n'est pas constant. Il varie suivant les années. Aussi tantôt une espèce tantôt une autre à la prépondérance d'action frenatrice; mais dans l'ensemble on peut dire que leur activité totale conserve toujours sensiblement la même valeur.

Les prédateurs ne jouent qu'un rôle insignifiant; accidentellement on peut rencontrer des larves d'Hémérobes dévorant des œufs ou des jeunes chenilles de la Teigne.

III. — POSSIBILITÉS D'UTILISATION EN FRANCE DES PARASITES AMÉRICAINS DE LA TEIGNE. — DIRECTIVES DE TRAVAIL.

Les deux études précédentes montrent que la Teigne est susceptible d'être en France beaucoup plus largement réfreinée dans sa pullulation

(1) Il ne faudrait introduire cette espèce qu'avec beaucoup de circonspection malgré l'utilité qu'elle peut sembler offrir.

par des parasites qu'elle ne l'est actuellement. Les parasites américains de la Teigne non seulement n'ont pas suivi cette mineuse en Europe lors de son importation, mais encore, contrairement à ce qu'il se passe parfois pour les phytophages changés de pays, ils n'ont pas été remplacés comme rôle par des espèces européennes (1). La Teigne se trouve être sur notre territoire un Insecte très faiblement limité par la lutte biologique. Nous ne pouvons guère escompter une amélioration progressive de cette situation puisque pendant une période de plus de dix ans nous n'avons vu aucune modification importante se dessiner.

Une acclimatation en France des parasites américains de la Teigne semble à première vue possible, le climat de nos régions du littoral méditerranéen étant fort semblable à celui de la Californie.

A notre connaissance, aucune tentative d'importation de parasites de la Teigne n'avait encore été tentée dans d'autres pays; nous ne pouvons profiter des renseignements si précieux que donnent pour ces travaux les recherches antérieures et les essais déjà réalisés. Tout était à étudier depuis les possibilités, les probabilités, les avantages à escompter, jusqu'aux techniques de réalisation. M. MARCHAL jugeant que les renseignements préliminaires dont nous disposions étaient favorables, pensa que le travail devait être abordé malgré les difficultés que comporte toute entreprise de cette nature.

En Californie, la Teigne est limitée par de très nombreuses espèces entomophages, certaines ayant une efficacité régulière et toujours élevée, d'autres au contraire ne présentant qu'un rôle faible ou très accidentel. L'expérience des essais antérieurs réalisés vis-à-vis de phytophages divers montre qu'il y a avantage à n'introduire qu'un nombre limité de parasites plutôt qu'un ensemble complet car souvent des phénomènes de surparasitisme, de coparasitisme, et d'hyperparasitisme se produisent entre les différentes espèces introduites, et conduisent finalement à une réduction importante de l'efficacité totale apportée par leur ensemble.

Dans la concurrence vitale entre parasites, il arrive souvent, en effet, que les espèces les plus efficaces se trouvent être décimées ou éliminées par d'autres moins importantes.

Il semble donc que pour la Teigne nous ayons avantage à n'introduire qu'un petit nombre d'espèces en choisissant parmi elles que celles présen-

(1) Un exemple intéressant à rapprocher de celui de la Teigne nous est donné par *Laspeyresia molesta* Busk microlépidoptère s'attaquant aux arbres fruitiers, originaire d'Extrême-Orient, et ayant été successivement importé aux Etats-Unis, en Italie et en France. Fait très curieux, dans chaque nouveau pays où il fut introduit, *Laspeyresia molesta* s'est trouvé immédiatement attaqué par un grand nombre d'espèces parasites indigènes vivant sur des microlépidoptères indigènes voisins. L'abondance et la variété de parasites d'adaptation se retrouve pour chaque importation, aussi les dégâts de *Laspeyresia molesta* ne furent-ils pas en général aussi considérables que les caractères biologiques de l'espèce pouvaient le faire craindre.

Rien de semblable ne fut relevé pour la Teigne, espèce qui atteint aussi une aire de dissémination mondiale assez considérable. Le passage des Entomophages sur des hôtes nouveaux, semblerait donc être pour une certaine part en rapport assez étroit avec la nature même de l'hôte (peut-être aussi la nature du végétal servant de support à l'hôte aurait-elle une influence sur l'attraction ou la non-attraction des parasites). [B. TROUVELOT. — Sur la présence en France de *Laspeyresia molesta*. (Bull. Soc. Entom. France, oct. 1922.)]

tant à la fois une efficacité élevée et les plus grandes chances de vie sous le climat de la France (1).

Les travaux de GRAF indiquent qu'une des espèces les plus actives dans la limitation de la Teigne est l'*Habrobracon Johannseni*, parasite s'attaquant à la fois aux mineuses évoluant dans les feuilles ou dans les tubercules de la Pomme de terre. Un aperçu de sa biologie fait attribuer à ce parasite un grand pouvoir destructeur, sa répartition géographique assez étendue indiquait une possibilité de vie sous des climats assez variés, c'est-à-dire une probabilité d'acclimatation facile en France. En outre, en Californie, l'activité de l'*Habrobracon* se montre assez régulière d'une année à l'autre; fréquemment l'*Habrobracon* présente la priorité d'action parmi tous les parasites de la Teigne. [Indications confirmées par lettre de M. HARRY SMITH.]

Ces diverses considérations conduisirent M. MARCHAL à fixer son choix sur l'*Habrobracon Johannseni* pour les premiers travaux et à se mettre en rapport avec M. HOWARD, Chef du Bureau d'Entomologie de Washington et avec M. HARRY SMITH, Directeur de Insectorium de Sacramento (Californie) pour l'introduction en France de colonies d'étude (2).

(1) La limitation d'un insecte est en général due à l'action d'un ensemble de prédateurs et de parasites. Mais, une, deux, trois espèces peuvent prédominer et assurer à elles seules la majorité du travail de destruction.

Ainsi, pour l'*Icerya Purchasi*, une seule espèce, le *Novius cardinalis* suffit largement pour en maîtriser la multiplication.

Pour la Pieride, PICARD trouve trois espèces prédatrices.

Pour le Puceron lanigère, deux espèces prédatrices. Syrphes et Coccinelles sont encore insuffisamment efficaces, l'introduction d'une troisième, l'*Alphelinus mali* a pu se montrer très utile.

Toutefois si l'on augmente par trop le nombre des espèces parasites ainsi qu'on l'a fait aux Iles Hawaï pour les parasites de *Ceratitis capitata*, on n'additionne plus les actions individuelles; bien au contraire, on aboutit à une gêne mutuelle entre les espèces souvent suivie de destructions réciproques.

(2) D'après M. HARRY SMITH, l'espèce qu'il conviendrait le mieux d'importer après l'*Habrobracon Johannseni* pour en compléter l'action serait le *Chelonus shoshoncanorum*, Braconide parasite des jeunes chenilles de la Teigne. (Voir p. 39.)

CHAPITRE DEUXIÈME.

ÉTUDE BIOLOGIQUE DE L'*HABROBRACON*

JOHANNSENI VIER.

La biologie de l'*Habrobracon* étant peu connue, les travaux de GRAF ne nous donnant seulement que quelques renseignements généraux, nous avons été conduits à entreprendre son étude en presque totalité.

Nous avons surtout envisagé l'analyse des points suivants : comportement des adultes, action frénatrice de l'espèce vis-à-vis de la Teigne (plus particulièrement ses modalités et ses variations avec ses conditions de milieu) et conditions de maintien de l'espèce dans la nature; leur connaissance étant indispensable pour préciser les possibilités d'utilisation de l'*Habrobracon* dans les cultures, les avantages à en espérer, et les techniques à suivre pour son acclimatation en Europe.

L'*Habrobracon Johannseni* est un Hyménoptère parasite Nord-Américain appartenant au groupe des Braconides et s'attaquant principalement à la Teigne des Pommes de terre.

I. — ADULTE.

a) **Description.** — Les individus des deux sexes sont sensiblement de même taille (deux à trois millimètres de longueur). Celle-ci est d'ailleurs assez variable, car elle dépend beaucoup de la quantité de nourriture dont les larves ont pu disposer.

Les femelles se reconnaissent aisément à leur abdomen volumineux, surtout aussitôt après l'éclosion, et prolongé par une longue tarière. L'abdomen des mâles est moins gros; il se termine au contraire en angle très obtus.

La description type donnée par VIERIECK (1) est la suivante :

(1) *Proc. U.S. Nat. Museum* Vol. 42. 1912. p. 622.

Nous devons les renseignements donnés ci-après à M. FERRIÈRES du Museum d'Histoire naturelle de Berne. Qu'il nous soit permis de le remercier ici de la très grande obligeance qu'il nous a toujours témoignée lors de nos recherches systématiques sur les Hyménoptères parasites.

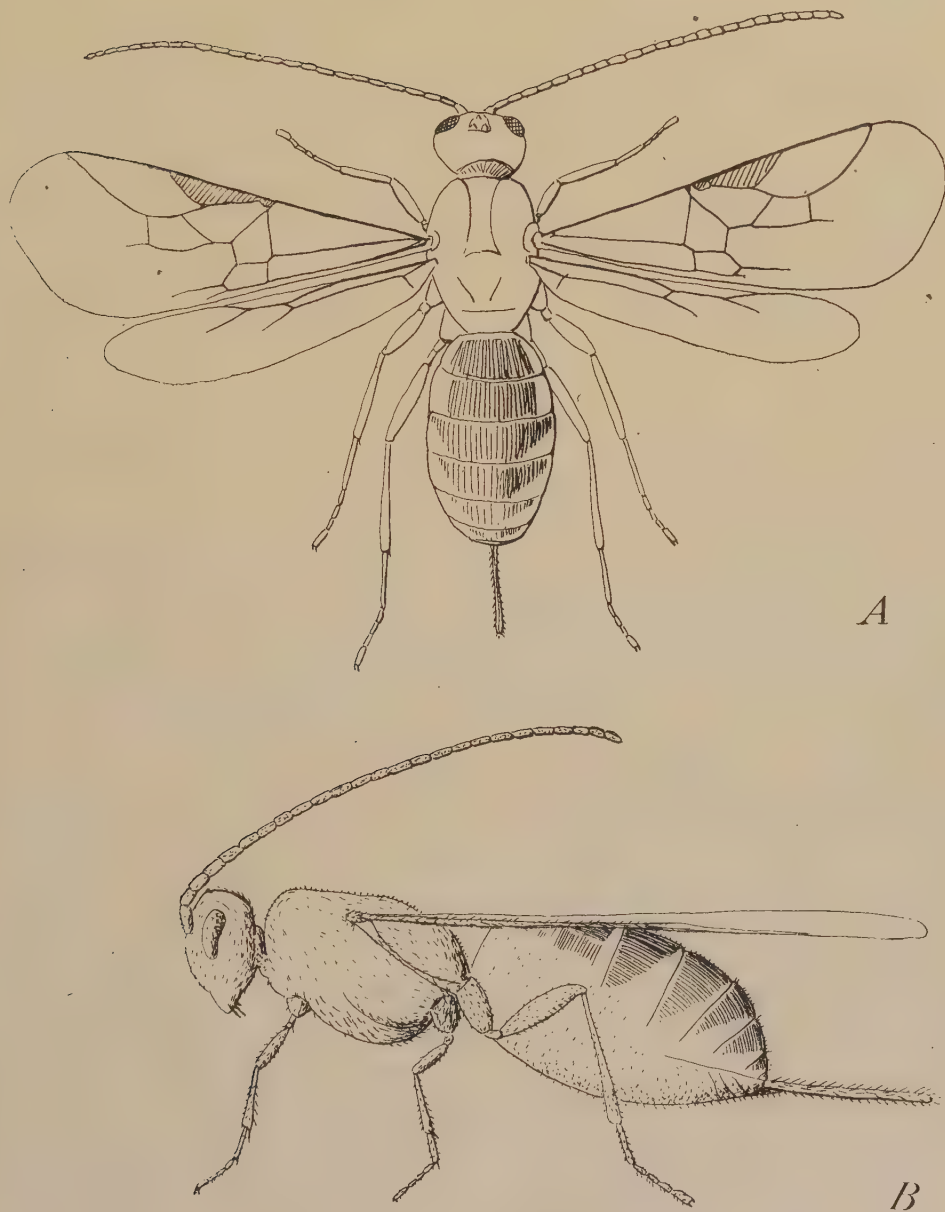


Fig. 14. — *Habrobracon Johannseni* Vier. Femelle (très grossie).

- A) Vue de dos.
- B) Vue de profil

Femelle : longueur 2 $\frac{1}{2}$ mm, ressemble à l'*Habrobracon stabilis* Wesmael duquel il se distingue par les antennes à 22 articles, la tête entièrement noire, la bordure jaune le long de l'œil étant très réduite; les pattes sont fortement noires, le tibia est clair à la base et aussi sur la moitié basale. Abdomen complètement noir ou noirâtre sauf le pli ventral qui est plus pâle. Le type a les antennes à 21 articles (1).

Type. — Localité Orono-Maine.

Type. — Catalogue. N° 14.720 U. S. Nat Mus.

b) **Éclosion.** — L'adulte qui vient de naître, découpe sur la paroi du cocon soyeux le retenant prisonnier, une petite ouverture circulaire d'un demi-millimètre de diamètre environ par laquelle il s'évadera; aussi, les cocons après les éclosions se présentent-ils comme ayant été percés à l'emporte-pièce. Lorsque l'orifice de sortie est effectué, l'*Habrobracon* y engage la tête, les antennes, puis peu à peu le thorax, les ailes et enfin l'abdomen. Il présente alors sa coloration définitive; étant à ce moment complètement formé il peut s'envoler aussitôt. S'il le fait, en général, il se dirige vers la lumière. Toutes les éclosions d'*Habrobracon* ayant vécu sur une même chenille ne se produisent pas en même temps; elles peuvent s'échelonner sur plusieurs jours (2). Les deux sexes sortent sensiblement en même temps.

c) **Alimentation.** — Si l'on présente aux *Habrobracon* de fines gouttelettes d'eau miellée ou d'eau pure, ils s'en abreuvent abondamment. Cette alimentation en eau doit avoir lieu dans les champs aux dépens des gouttelettes de rosée ou des liquides exsudés par les plantes (nectaires des fleurs); dans les élevages elle est utile, mais ne paraît pas être indispensable car les adultes peuvent très bien rester plusieurs jours sans la recevoir.

Suivant une habitude assez générale chez les Hyménoptères parasites (3) et qui d'abord a été signalée par MARCHAL chez un parasite des œufs de la Galéruque de l'Orme, le *Tetrastichus xanthomelaenæ*, les femelles de l'*Habrobracon* ont le pouvoir de compléter leur alimentation en eau par une alimentation plus riche prélevée directement sur leurs hôtes. Ainsi, les femelles attaquent pour leur propre compte les chenilles de Teigne enfermées sous des cocons, les piquent profondément avec leur tarière et viennent largement s'abreuver des sucs s'écoulant des plaies ainsi pratiquées. La présence d'un vaste cocon autour des chenilles complique l'opération en empêchant les

(1) L'*Habrobracon Johannseni* pourrait être confondu avec deux autres espèces européennes assez voisines : l'*H. stabilis* et l'*H. brevicornis*.

L'*H. stabilis* présente plus d'articles aux antennes (25 pour les femelles; 27 ou 28 pour les mâles). Sa couleur est plus claire. Il est parasite de : *Gelechia melonella*, *Grapholita strobilella*, *Attagenus felleio*, *Hylestinus crenatus* (DE GAULLE).

L'*H. brevicornis* n'a que de 14 à 17 articles aux antennes, l'abdomen est lisse en dessous, sa coloration est beaucoup plus claire; la tête, les pattes et les côtés de l'abdomen sont en grande partie rougeâtres alors que ces parties sont noires chez l'*H. Johannseni* (GENIEYS a d'ailleurs montré que cette coloration était assez variable suivant les climats.)

GENIEYS (P.). — Sur le déterminisme des variations de la coloration chez un Hyménoptère parasite. (C.R. Soc. de Biol. T. L XXXVI, page 767, 1922.)

(2) Voir page 69.

(3) MARCHAL (P.). — La ponte des *Aphelinus* et l'intérêt individuel dans les actes liés à la conservation de l'espèce (C.R. Ac. Sciences, mai 1909).

MARCHAL (P.). — Observations biologiques sur un parasite de la Galéruque de l'Orme, le *Tetrastichus Xanthomelaenæ*. (Bull. Soc. entom. de France, n° 4, 1905.)

femelles d'appliquer leurs pièces buccales à même sur les plaies des victimes, c'est-à-dire de sucer directement les liquides s'en écoulant. De curieux artifices opératoires permettent aux *Habrobracon* de tourner la difficulté. Ainsi les femelles en secrétant un manchon de substance mucilagineuse autour de leur tarière déployée, peuvent établir de petits tubes d'aspiration réunissant les plaies des chenilles aux parois des cocons. Se servant alors de ces tubes comme d'un chalumeau, elles absorbent aisément à distance les liquides internes de leurs victimes.

Détail du mécanisme de la succion (1). — Lorsqu'une femelle s'est posée sur un cocon de Teigne, elle le palpe avec ses antennes, puis dégaîne sa tarière, la déploie et l'enfonce à travers la paroi du cocon, le plus profondément possible. Si dans cette position l'extrémité de la tarière n'atteint pas le corps de la chenille cachée, l'insecte se déplace un peu et recommence sa manœuvre jusqu'à ce qu'une position plus favorable soit trouvée. Seu-

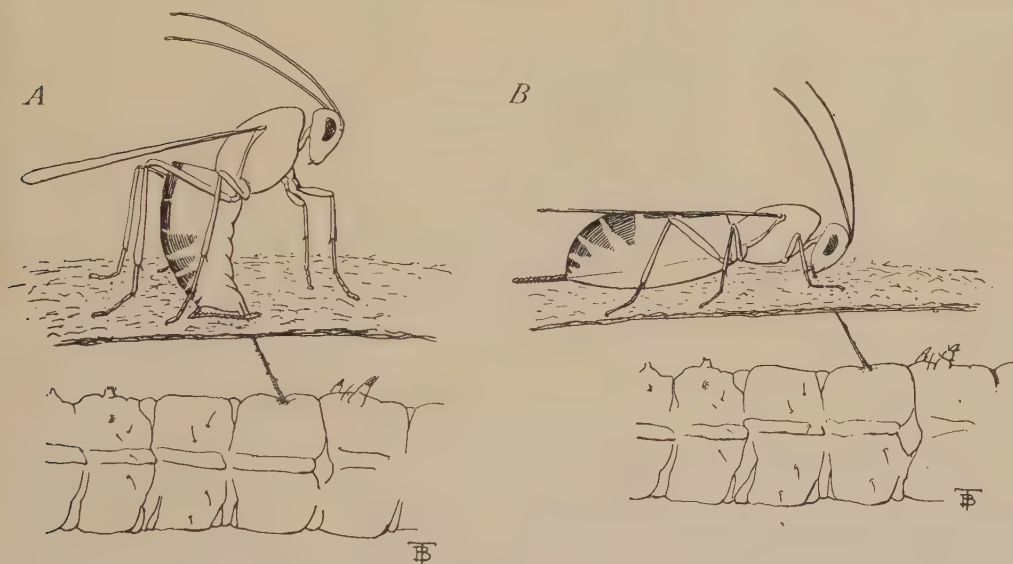


Fig. 15. — Succion alimentaire effectuée par une femelle de l'*Habrobracon* (procédé du tube de succion).

La femelle est posée sur le cocon entourant une chenille de Teigne.

- A) La femelle pique la chenille avec sa tarière et secrète autour de cet organe un enduit de nature mucilagineuse.
- B) La tarière retirée, l'enduit mucilagineux subsiste à l'emplacement où il a été déposé et forme un tube réunissant la plaie de la chenille à la paroi du cocon.

L'*Habrobracon* s'en sert comme d'un chalumeau pour aspirer à distance les sucs de son hôte.

lement, à ce moment et après s'être arrêté, il enfonce profondément sa tarière dans le corps de la chenille et reste longtemps dans cette position d'extension, n'effectuant que de très légers mouvements avec l'extrémité de son abdomen. Peu à peu, une matière d'apparence musilagineuse coule autour de la tarière puis se fige, si bien qu'après le retrait de cet organe ayant fait l'office de moule, la substance mucilagineuse reste à la place où elle a

(1) Voir TROUVELOT (Index bibliographique).

été déposée, constituant une sorte de tube réunissant le corps de la chenille à la paroi du cocon. La femelle ayant opéré se retourne rapidement et, après quelques tâtonnements, adapte ses pièces buccales sur l'extrémité libre du tube ainsi formé, puis absorbe les liquides internes de la chenille durant plusieurs minutes (1).

Les tubes de succion subsistent après leur emploi, ils noircissent et prennent alors l'aspect de grands poils noirs plantés irrégulièrement sur le corps des chenilles. C'est ainsi que nous avons été amenés à les découvrir.

La succion des hôtes au moyen de tubes a été établie par LICHTENSTEIN sur un Chalcidien parasite de la larve du *Cionus thapsi*, l'*Habrocytus cionicida*, en même temps que nous la reconnaissons chez l'*Habrobracon*



Fig. 16. — Chenille de la Teigne portant six larves de l'*Habrobracon*.

Remarquer deux tubes de succion près de la troisième paire de pattes thoraciques; ils présentent l'aspect de grands poils noirs, boursoufflés et irrégulièrement placés.

Johannseni. Nos deux observations faites sans connaissance l'une de l'autre, se confirment très exactement (2).

Peu après FAURE a retrouvé le procédé mais avec quelques variantes intéressantes chez *Pachyneuron* parasite des pupes de *Syrphus balteatus* et chez *Pteromalus variabilis* Ratz parasite de l'*Apanteles glomeratus* (4).

Dans la variante observée par FAURE sur *Pachyneuron*, la femelle ne construit qu'un seul tube de succion par hôte; elle s'en sert plusieurs fois à intervalles de temps assez prolongés pour des aspirations alimentaires. Fait curieux, avant chaque alimentation nouvelle, la femelle parvient à réintroduire très exactement sa tarière dans le tube et ainsi à rafraîchir les plaies. L'extrémité du tube de succion dépasse légèrement la pupa de l'hôte et forme une petite cheminée extérieure. Plusieurs femelles peuvent même utiliser successivement le même tube.

Si la construction d'un tube de succion facilite l'alimentation des

(1) Ces observations furent faites en regardant les insectes opérer sur des cocons de Teigne, dont une ou plusieurs faces latérales avaient été sectionnées et remplacées par des plaques de verre mince.

(2) Le *Cionus Thapsi* vit dans les loges creusées dans les tiges des *Verbascum*.

LICHTENSTEIN (J.). — Sur la biologie d'un Chalcidien (C.R. Ac. Sciences n° 17, p. 733, 1921).

(3) FAURE (J. C.). — Observations biologiques sur *Hemiteles areator*. Grav. (C. R. Soc. Biolog. T. L XXXIX, p. 1.301, 1923).

FAURE (J. C.). — Mode de succion de *Pachyneuron* Chalcidien parasite des pupes de *Syrphus balteatus* Deg. (Soc. Patho. Veg. et Ent. Agr. — Congrès de Strasbourg, juin 1923).

(4) FAURE (J. C.). — Nouvelles observations biologiques sur un *Pachyneuron* sp., parasite des pupes de *Syrphus balteatus* de G. (Rev. Path. Vég. et Entom. Agr. T. X, fas. 4 1923.)

parasites vivant sur ses hôtes enfermés dans les loges closes, sa présence n'est pourtant pas indispensable. PICARD ne l'a jamais observée chez *Melittobia acasta* Walk, même lorsque l'espèce évolue sur des nymphes de Fourmis, nymphes étant pourtant enfermées dans des cocons formant loges closes. *Melittobia* déchire et perce les cocons de Fourmis avec ses mandibules, pénètre à leur intérieur et s'alimente alors directement sur les nymphes contenues. Pour la ponte, *Melittobia* perce pourtant très bien les cocons avec sa tarière, alors qu'elle ne le fait pas pour les suctions alimentaires. (PICARD.) (1).

D'autre part, FAURE remarqua qu'*Hemiteles areator* s'alimentant aux dépens des nymphes d'*A. glomeratus* enfermées dans des cocons, ne construisait pas, à proprement parler, un tube de succion; il rapprochait avec sa tarière la nymphe de l'orifice de percée du cocon puis suçait à distance le long de sa tarière. Il n'est pourtant pas certain qu'une matière mucilagineuse entourant la tarière ne joue pas un certain rôle dans cette aspiration à distance.

GENIEYS a recherché si l'emploi de tubes de succion ne se retrouverait pas chez les parasites d'hôtes nus, et observa à cet effet l'*Habrobracon brevicornis*, parasite de *Pyrausta nubilialis*. Il reconnut que pour cette espèce, pourtant voisine de l'*Habrobracon Johannseni*, il n'y avait aucune matière mucilagineuse émise autour de la tarière et que l'alimentation était toujours directe; les femelles appliquant leurs pièces buccales sur les plaies des hôtes et suçant les sucs s'en échappant (2).

Le procédé du tube de succion semble donc être particulier seulement aux parasites d'hôtes enfermés dans des loges closes; il serait assez fréquent chez eux mais pourtant pas général.

Si la succion à distance, c'est-à-dire celle s'effectuant sur une chenille enfermée sous un cocon est la plus fréquente chez l'*Habrobracon Johannseni*, elle n'est pourtant pas la seule qui puisse exister; PICARD a établi que les femelles peuvent fort bien attaquer des chenilles errantes ou non enveloppées, et absorber directement les sucs de celles-ci sans être obligées d'avoir recours à l'intermédiaire d'un tube de succion. Ultérieurement, nous avons été amené à reconnaître que cette attaque directe est plutôt anormale, car elle ne se produit que dans les élevages où les chenilles sont offertes en très petit nombre, et encore, n'a-t-elle lieu alors le plus souvent qu'aux dépens de chenilles qui, épuisées, ne peuvent plus réagir violemment. Une chenille vigoureuse se débat le plus souvent lorsque l'*Habrobracon* se pose sur elle, si bien qu'elle lui fait lâcher prise avant qu'il ait pu dégaîner sa tarière.

(1) PICARD (F.) — Note sur la biologie de *Melittobia acasta* Walk (Bull. Soc. entom. fr., 13 déc. 1923).

PICARD (F.) — Recherches biologiques et anatomiques sur *Melittobia acasta* walk (Bull. Biol. Fr. et Belg. T. L. VII. F. 4 1923)

(2) GENIEYS (P.) — Observations biologiques sur les *Habrobracon*. (C. R. Soc. de Biol. T. I XXXVI, p. 829. 1922).

A ce propos, il faut remarquer que l'attaque normale des chenilles enfermées dans des cocons n'a lieu, le plus souvent, que lorsque les chenilles sont entrées dans leur période prénymphale, c'est-à-dire lorsqu'elles se trouvent être à peu près incapables d'effectuer des mouvements vigoureux. Une chenille venant de tisser un cocon, se montre en général encore fort agile pendant plusieurs heures, et si un *Habrobracon* vient à l'attaquer, elle réagit violemment dès le premier essai de piqure, se débat et souvent déchire son cocon puis s'évade rapidement. Le choix fait par l'*Habrobracon* de chenilles de la Teigne entrées dans leur période prénymphale pour ses piqures, semble surtout être en rapport avec la plus grande facilité d'attaque.

Une seule piqure alimentaire de l'*Habrobracon* est en général suffisante pour arrêter l'évolution des chenilles et même pour réduire les organes internes de ces chenilles à l'état de bouillie déliquescence (1). Le corps des victimes se dessèche lentement après l'attaque et se présente finalement sous la forme d'une petite masse noire, ratatinée, creusée longitudinalement d'une profonde gouttière, mais portant encore des moignons noirs correspondant aux emplacements des pattes thoraciques et de la tête. La dessiccation des chenilles exige toujours un temps assez long pour être totale, étant moins rapide (12 jours l'été) que l'évolution larvaire des *Habrobracon* sous les mêmes conditions (6 jours l'été), elle permet toujours aux larves de se développer très normalement sans craindre des périodes de famine au moment de leurs derniers stades évolutifs.

Le nombre des suctions pouvant être effectuées sur une même chenille ne paraît pas être limité ou plutôt il ne l'est que par la capacité même de cette chenille. Plusieurs femelles peuvent opérer concurremment sur une victime et revenir souvent sur elle pendant plusieurs jours consécutifs; aucune restriction ne paraît exister. Mais, dans la majorité des cas, surtout en cas d'abondance de la Teigne, chaque chenille n'est attaquée que par une seule femelle d'*Habrobracon* et encore elle ne l'est qu'une ou deux fois seulement. Occasionnellement, les femelles s'alimentant fort bien aux dépens de chenilles portant déjà de nombreux œufs ou même à peu près totalement épuisées à ce moment par des suctions alimentaires fournies antérieurement. Les œufs peuvent avoir été déposés par elles-mêmes ou par d'autres femelles. En opérant ainsi, c'est-à-dire en satisfaisant toujours en premier lieu leurs besoins personnels, les femelles condamnent leur propre descendance ou celles des autres pondeuses à une prompt

(1) Chez beaucoup d'Hyménoptères parasites portant une tarière ou un aiguillon, une piqure suffit pour arrêter immédiatement l'évolution de l'hôte atteint; il y aurait en même temps que la piqure émission d'un liquide de propriétés à la fois paralysantes et conservatrices. Pourtant, FERTON signale que chez les Sphégiens il n'en serait pas toujours ainsi; par exemple, des Araignées immobilisées par une piqure de *Sphex* peuvent reprendre leur activité normale en quelques heures. La variabilité de l'effet des piqures dépendrait pour les Sphégiens de la quantité de venin injectée et de la dimension des victimes par rapport à l'agresseur.

FERTON (C.). — La Vie des Abeilles et des Guêpes. — Œuvres choisies par E. RABAUD et F. PICARD (Paris, 1923.)

PICARD (F.). La faune entomologique du Figuier, p. 168. (*Ann. Epiph.*, T. VI, 1919.)

mort par famine. Une telle façon d'opérer, lorsqu'elle est générale, comme par exemple dans le cas d'une pénurie d'hôtes assez prolongée, conduit



Fig. 16. — Exemple de surparasitisme dû à des succions alimentaires abusives faites par les femelles de l'*Habrobracon*.

La chenille de Teigne a été objet de treize succions et reçut en même temps douze œufs (les treize tubes de succion ont subsisté intégralement). Ces prélèvements ont épuisé prématurément la chenille hôte, aussi, seules trois larves (celles écloses les premières), parvinrent-elles à évoluer complètement; les autres périrent par famine. Si ces succions n'avaient pas eu lieu en aussi grand nombre, la chenille de Teigne aurait suffi largement pour alimenter les douze larves de l'*Habrobracon*.

très vite l'*Habrobracon* à un surparasitisme, c'est-à-dire à la limitation de sa multiplication par sa propre action.

d) **Accouplement.** — L'accouplement des adultes a lieu presque aussitôt après leur éclosion, surtout lorsque la température est élevée et que le soleil brille. La copulation est quasi instantanée. L'accouplement n'a lieu le plus souvent que sous l'action d'une insolation intense. La lumière électrique, celle d'un manchon Auer, le favorise mais à un degré moindre que la lumière solaire. Il se produit rarement dans une pièce exposée au nord, bien que nous ayons pu l'observer plusieurs fois. La lumière diffuse produite par une vitre recouverte d'une pellicule de chaux s'est montrée insuffisante pour le provoquer.

Au cours de nos études faites à Carqueiranne nous avions, en effet, blanchi avec un léger lait de chaux les carreaux de la fenêtre éclairant la pièce d'élevage, afin de diminuer la température régnant dans le local durant les fortes chaleurs de l'été. Peu après nous remarquions dans nos cages une surabondance de mâles et une réduction importante du nombre des femelles. Il y avait là l'indice d'une multiplication parthénogénétique presque exclusive. En examinant les faits de près, nous reconnaissons bientôt que les quelques femelles existant encore ne s'accouplaient plus avec les mâles, malgré le grand nombre de ceux-ci, même aux heures les plus chaudes de la journée. Après diverses études nous devinâmes enfin que la modification de l'éclairage avait dû être la cause initiale de ce contre temps si funeste, qui nous inquiétait d'autant plus que son origine nous échappait depuis longtemps. Le déblanchiment des fenêtres fait aussitôt, ramena immédiatement l'élevage à une prospérité normale; les accouplements s'effectuèrent à nouveau comme par le passé et la multiplication de l'*Habrobracon* reprit rapidement. On juge par cet exemple de l'importance que peut prendre dans des élevages un détail opératoire paraissant bien minime à première vue.

L'influence de la lumière sur l'activité génésique des Hyménoptères a souvent été reconnue : PICARD en particulier l'avait révélée pour l'*Apan-telea glomeratus*, l'*Habrobracon Johannseni*, le *Tretrastichus rapo*. Chez ces espèces, une lumière artificielle vive suffit pour déclancher les accouplements et par contre-coup déterminer chez les femelles la recherche des victimes pour la ponte. Le fait pourtant n'est pas général; de nombreux Hyménoptères s'accouplent fort bien à l'obscurité, tel *Dibrachys boucheanus*, espèce très répandue.

Nous ne croyons pas que l'influence de la *nature* de la lumière sur l'accouplement ait déjà été reconnue. Nous avons pu nettement l'établir bien qu'elle nous ait été révélée d'une façon tout à fait accidentelle et dans des circonstances particulièrement critiques. La mousseline fine interposée par panneaux successifs sur le trajet de la lumière aurait d'ailleurs une influence assez semblable à celle de la vitre recouverte de chaux; nous avons remarqué que les accouplements s'effectuant toujours en plus grand nombre sur les vitres que sur les parois en mousseline.

e) **Ponte.** — En été, les femelles pondent dès le lendemain de leur naissance, qu'elles se soient accouplées ou non. Lorsqu'elles ont été fécondées, les œufs déposés sont des deux sexes et il ne semble pas y avoir de préférence dans l'émission des œufs aboutissant à des mâles et de ceux conduisant à des femelles. Dans les lignées fournies par des couples isolés, les mâles se montrèrent toujours en plus grand nombre que les femelles, les œufs correspondant à ces dernières n'étant pondus qu'au début des expériences. Mais, lorsqu'on prélève directement dans des cages d'élevage un certain nombre de cocons, on obtient toujours dans les éclosions à peu près l'égalité entre les deux sexes; ceci laisserait à penser que plusieurs accouplements peuvent avoir lieu normalement chez l'*Habrobracon* pour une même femelle ou un même mâle au cours de son existence. Le fait se rencontre chez beaucoup d'espèces, mais n'est pas général.

Normalement, la ponte de l'*Habrobracon* n'a lieu que sur les chenilles de la Teigne parvenues au terme de leur croissance et ayant construit depuis peu le cocon destiné à abriter leur nymphose. Les femelles commencent le plus souvent par piquer les chenilles avant de pondre sur elles, et dans la majorité des cas, les œufs sont déposés sur le corps même de celles-ci.

Les opérations préliminaires de la ponte sont assez particulières; ainsi on voit la femelle parcourir lentement et dans sa plus grande longueur le cocon sur lequel elle va opérer, puis, agitant vivement ses antennes, elle le larde d'un assez grand nombre de coups de tarière; entre deux opérations, elle se déplace de quelques pas, et lorsqu'après un certain nombre de ces manœuvres, elle est parvenue à l'extrémité du cocon, elle se retourne, revient sur ses pas et recommence avec la même régularité. Au bout d'un temps plus ou moins long (en moyenne une minute), elle

fini par s'arrêter dans une position appropriée, enfonce alors légèrement sa tarière dans le corps de la chenille, puis reste quelques instants immobile dans cette position. Les œufs sont émis peu après, très rapide-

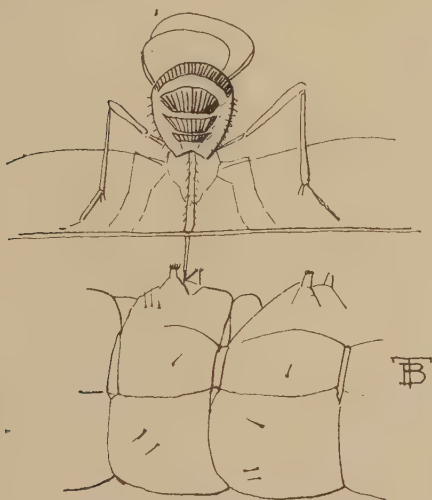


Fig. 18. — Piqûre avant une ponte. L'*Habrobracon* est posé sur la paroi du cocon enfermant la chenille de Teigne et commence à déployer sa tarière.

ment, les uns à la suite des autres, sans que la femelle ne bouge; ils suivent la tarière traversent la paroi du cocon, et viennent se coller par paquets sur le corps même de la chenille, au voisinage du point de piqûre.

La piqûre précédant presque toujours une ponte, même si elle est très faible, semble toujours être suffisante pour arrêter l'évolution de la chenille atteinte et provoquer la déliquescence de ses organes internes. Occasionnellement, les œufs peuvent être déposés sur une chenille n'ayant pas été piquée.



Fig. 19. — Position de l'extrémité postérieure de l'abdomen et de la tarière de l'*Habrobracon* au moment de la ponte.

Les jeunes larves en éclosant se développeront normalement et tueront la chenille hôte si celle-ci ne s'est pas nymphosée avant leur naissance. Si une

chenille est attaquée peu de temps après avoir construit son cocon, elle est encore suffisamment vigoureuse pour réagir aux piqûres et se sauver. Piqûres et pontes ont lieu le plus souvent sur la face ventrale des chenilles, mais il n'y a là aucun rapport régulier et obligatoire. La fréquence de ce point d'attaque semble surtout être dû à ce fait que c'est la face ventrale qui se trouve le plus souvent être placée juste sous la zone du cocon la plus facilement vulnérable par la tarière des *Habrobracon*. La face du cocon située en regard de la partie ventrale d'une chenille est presque toujours construite en soie; la partie dorsale d'une chenille repose le plus souvent sur l'objet servant de support au cocon.

Les œufs sont allongés, incurvés en forme de croissant et ont une longueur de un millimètre à un millimètre et demi environ; ils sont blancs d'abord, puis deviennent rapidement jaune clair; ils sont toujours très facilement reconnaissables à l'œil nu. Le plus souvent, ils se rencontrent groupés par petits paquets sur le corps des chenilles, paquets correspondant à une ponte.

Comme pour les suctions alimentaires, la présence d'un cocon autour des chenilles de Teigne complique singulièrement la ponte de l'*Habrobracon*; le cocon empêche les femelles de se poser directement sur leurs victimes et les oblige à opérer à distance. D'autres difficultés opératoires se présentent dans la ponte; ainsi certaines sont dues aux dimensions relativement volumineuses des œufs par rapport au diamètre de la tarière sur laquelle ils auront à glisser, ou à celui du trou devant leur permettre le passage à travers la paroi du cocon. En outre, un cocon n'est transperçable par la tarière des *Habrobracon* que sur ses faces les plus minces; les femelles, si elles veulent utiliser la majorité de leurs hôtes, doivent opérer dans des positions très diverses, même occasionnellement complètement renversées. La matière mucilagineuse sécrétée autour de la tarière lorsque celle-ci est déployée vient alors jouer un rôle des plus importants dans le dépôt des œufs et, par conséquent, dans la puissance parasitaire de l'*Habrobracon*; elle permet en effet à la ponte de s'effectuer aisément sur presque toutes les chenilles quelles que soient leurs positions ou celles de leurs faces vulnérables, point des plus importants pour le parasitisme.

Etude du mécanisme de la ponte. — Lorsque l'on observe un groupe de femelles occupées à pondre, on est surpris de constater la diversité des positions dans lesquelles ces femelles peuvent opérer. Les unes piquent de haut en bas les cocons sur lesquels elles se sont posées; beaucoup, accrochées latéralement, piquent horizontalement ou obliquement; d'autres, enfin, se trouvant être complètement renversées, c'est-à-dire suspendues par leurs pattes aux parois d'un cocon situé au-dessus d'elles, arrivent à pondre verticalement de bas en haut. La position prise par l'*Habrobracon* semble

dépendre avant tout de l'emplacement de la face vulnérable du cocon attaqué.

Il est curieux de voir que les œufs, au moment de leur dépôt, glissent toujours sur la tarière, que celle-ci soit verticale, horizontale ou oblique; même, ils la parcourent aisément de bas en haut lorsqu'elle se présente verticalement. Jamais ces œufs volumineux ne tombent de cette longue et étroite tarière leur servant de guide depuis leur point d'émission jusqu'à celui où ils doivent être déposés; jamais non plus, ils ne se trouvent être arrêtés au moment de leur pénétration dans le cocon lors de la traversée de sa paroi malgré l'étroitesse du trou offert à leur passage, trou étant le plus souvent au même moment en grande partie obstrué par la tarière.

Si l'on suit les préliminaires de la ponte, on voit que la femelle, avant l'émission de ses œufs, reste pendant un temps assez long dans la position de piqure, la tarière déployée touchant légèrement le corps de la chenille. Peu à peu, une substance mucilagineuse très réfringente, glisse autour de cet organe, puis finit par l'enrober complètement d'un véritable

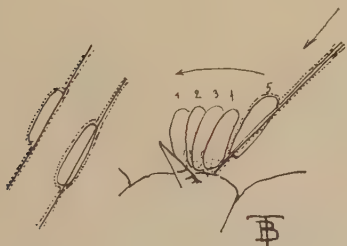


Fig. 20. — Descente des œufs le long de la tarière.

Remarquer l'inclinaison de la tarière, son faible diamètre et les dimensions volumineuses des œufs.

La couche de matière mucilagineuse enrobant la tarière et permettant la descente des œufs est représentée par un léger pointillé.

manchon. A ce moment seulement les œufs sont émis. Chaque œuf aussitôt sa sortie des pièces génitales de la femelle, est englobé par la matière mucilagineuse, et se trouvant être ainsi maintenu, il glisse des plus aisément le long de la tarière sans jamais se détacher, même si celle-ci est horizontale ou verticale. Arrivé au bout de sa course, l'œuf se détache en emportant avec lui un petit filament de mucilage qui, en séchant, servira à le fixer en son point de dépôt ou de chute. C'est encore l'enduit mucilagineux entourant la tarière qui permet aux œufs de franchir la paroi du cocon par l'étroit orifice effectué par la tarière.

Enfin, la matière mucilagineuse joue un rôle particulièrement curieux dans les pontes effectuées de bas en haut, c'est ainsi que dans un tel cas, elle maintient l'œuf sur la tarière et l'empêche de descendre verticalement sous l'influence de son propre poids. La femelle parvient alors aisément à les hisser un à un par des mouvements répétés de va-et-vient de sa tarière les entraînant par frottement latéral ne s'exerçant que dans un sens, celui de bas en haut. Des femelles peuvent ainsi fort bien arriver à pondre com-

plètement renversées sur des victimes placées à plusieurs millimètres au-dessus d'elles.

Nous n'avons pas connaissance que des procédés de pontes aussi particuliers aient déjà été observés chez d'autres Hyménoptères parasites. PICARD, en étudiant la ponte de *Melittobia* (1) remarqua que les œufs glissent le long de la tarière de la femelle, même lorsqu'elle est peu inclinée; ils semblent descendre le long d'un rail leur servant de guide. Ce procédé se rapproche assez de celui observé pour l'*Habrobracon*; ils suffirait, pour qu'il lui soit semblable, qu'une matière mucilagineuse enrobe légèrement l'œuf et ainsi l'aide à glisser et, en même temps, l'empêche de tomber en cours d'acheminement. FAURE remarqua que lors de leur ponte, les œufs du *Pachyneuren* glissent aussi le long de la tarière grâce à une de leurs

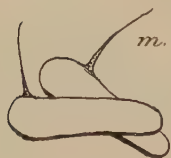


Fig. 21. — Œufs présentant un filament mucilagineux.

La tarière de la femelle n'atteignant pas la Chenille, ils se sont détachés de cet organe perpendiculairement à lui en emportant un peu de mucilage. Celui-ci servira à les fixer en leur point de chute.

extrémités qui, amincies reste engagée entre les deux stylets de cet organe. Pour franchir la pupa de Syrphes, enveloppe à l'intérieur de laquelle ils sont déposés mais qui, à l'inverse des cocons de la Teigne se montre peu souple, ils se déforment à la manière d'un sac contenant une substance plastique (2).

Les particularités des procédés de ponte et d'alimentation constituent deux des caractères biologiques importants de l'*Habrobracon Johannseni*; ils nous laissent en effet à penser que cette espèce n'est pas pour son activité sous une très étroite dépendance des conditions de présentation des hôtes. Des remarques analogues apparaissent aussi pour l'instinct amenant les femelles à se diriger vers les cocons contenant des chenilles prêtes à se chrysalider soit pour pondre sur elles, soit pour se nourrir à leur dépens (3). Ainsi, nous avons souvent remarqué que les cocons sont toujours découverts par les parasites quelles que soient leurs difficultés d'accès ou l'obscurité dans laquelle ils se trouvent (4), ce qui amènerait à conclure que

(1) PICARD (*Loc. cit.*).

(2) FAURE (J. C.). — Nouvelles observations biologiques sur un *Pachyneuron* sp., parasite des pupes de *Syrphus balteatus* de G. (*Rev. Path. végét. et Ent. Agr.* T. X, f. 4. Déc. 1923.)

(3) Cette facilité présentée par les parasites de pouvoir trouver leurs proies même à de grandes distances et en dépit de nombreux obstacles, serait à rapprocher des remarques faites par FERTON sur de nombreux Spéchiens chasseurs d'Araignées. Pour les Spéchiens la découverte des Araignées ou des chenilles même lorsque celles-ci sont profondément enterrées est un fait remarquable; de même le retour direct à la proie pendant le creusement du terrier et le retour au nid pendant l'élevage des jeunes. FERTON l'attribue en grande partie à l'odorat; pour les derniers actes la vue jouerait cependant un certain rôle (FERTON, *Loc. cit.*)

(4) Ces remarques conduisent à utiliser pour les élevages des cages comportant plusieurs compartiments soit vivement éclairés, soit obscurs, ne communiquant les uns avec les autres que plus ou moins indirectement. Les *Habrobracon* circulent des plus aisément dans de telles cages et trouvent fort bien les chenilles dont ils ont besoin pour pondre ou pour s'alimenter (Voir. p. 92.)

Des remarques analogues faites sur divers parasites de l'*Ephestia kuehniella* et de *Galleria metoella* nous laissent à penser qu'en général chez les Hyménoptères parasites l'instinct de la recherche de l'hôte est très puissant et qu'en conséquence pour de nombreux élevages on pourrait généraliser le modèle de cage que nous avons adopté pour les élevages de l'*Habrobracon*.

Habrobracon est capable de s'attaquer à presque toutes les chenilles de la Teigne, que fort peu de celles-ci peuvent échapper à ses recherches et, qu'en conséquence, il se montre susceptible de détruire la majorité des mineuses que nous ne pouvons atteindre par les procédés de destruction artificielle. C'est là un des importants avantages de l'utilisation de *Habrobracon* dans la lutte contre la Teigne.

Une invulnérabilité des chenilles de la Teigne vis-à-vis de *Habrobracon* est pourtant possible dans certaines conditions. En effet, ne sont vulnérables que les cocons présentant une paroi suffisamment mince en un point pour que la tarière des femelles puissent les percer. Par exemple, les cocons formés dans des déchets de tubercules de Pommes de terre très attaqués par la Teigne étant le plus souvent entourés d'une croûte très dure, se montrent à peu près inattaquables. Tous les cocons que nous avons eu l'occasion d'observer dans la nature et que nous avons alors spécialement examiné à ce point de vue, présentaient toujours au moins une de leurs faces suffisamment mince pour être vulnérables pour les *Habrobracon*. L'invulnérabilité semble devoir être rare dans la nature, elle ne se présente surtout que dans les élevages mal installés; pour eux elles se montre alors fort gênante, car elle réduit la multiplication des espèces élevées et souvent provoque indirectement le jeu si funeste du surparasitisme (1).

Le reflexe du déploiement de la tarière chez les femelles de *Habrobracon Johanneseni*, semble être régi par une olfaction analogue à celle que PICARD mit en évidence pour le déterminisme du même acte chez *Pimpla instigator*, parasite des chrysalides de la Pieride du Chou (2), et qui a été retrouvé ultérieurement par RABAUD dans le déterminisme de certains enroulements de proies chez les Araignées (3). PICARD a montré par de curieuses expériences comment chez ce *Pimpla*, le réflexe de la piqure était sous la dépendance de l'émanation du sang frais de la chrysalide de Pieride; pour *Habrobracon*, l'odeur influençant serait celle de la chenille parvenue au terme de sa croissance et entrant dans la période pré-nymphale; une chenille nue, c'est-à-dire non enfermée dans un cocon, pouvant fort bien être attaquée. Pourtant ce dernier mode d'attaque n'est pas fréquent, probablement comme nous l'indiquions précédemment lors

(1) Les mesures indiquées précédemment pour la protection des tubercules emmagasinés, telles que les couvertures de sable par exemple, ont pour effet de rendre à peu près totalement invulnérables les cocons de Teigne qui peuvent se former entre ces tubercules. Mais comme l'efficacité de ces mesures de protection est plus grande que celle qui pourrait être apportée par *Habrobracon* dans les mêmes conditions, nous n'hésitons pas à en préconiser encore l'emploi des premières, même si *Habrobracon* venait à être introduit en France. (Voir remarques p. 104.)

(2) PICARD (F.). (*Loc. cit.*).

(3) RABAUD constate que l'odeur de sang frais détermine chez les Araignées, le reflexe de l'enroulement secondaire des proies; son jeu peut être déclenché expérimentalement en utilisant des objets de petites dimensions enduits du sang des victimes habituelles.

La capture et l'enroulement normal des proies est toutefois régi par d'autres sensations, les principales étant les vibrations mécaniques (RABAUD E. Recherches expérimentales sur le compartiment de diverses araignées. *Année Psychologique*, T. XXII.)

de l'étude des succions directes, c'est une question de plus grande vulnérabilité des chenilles lorsqu'elles sont sous un cocon et que leur histolyse commence qui détermine les *Habrobracon* à pondre de préférence sur ce stade de la Teigne. L'émanation émise par les chenilles traverse aisément les parois des cocons; elle se diffuse aisément à travers un corps poreux tel qu'une feuille de papier non encollé par exemple (1). Ainsi, lorsque dans nos élevages nous opérons avec des cocons de Teigne filés sur des feuilles de papier mince, il était fort curieux de voir que l'attaque de cocons par les *Habrobracon* avait souvent lieu par leur face inférieure, c'est-à-dire par celle constituée par le support même. Les femelles se concentraient fréquemment sous les feuilles de papier, et là, se suspendant à la renverse par les pattes, elles piquaient sans aucune gêne les cocons situés au-dessus d'elles et dont elles ne pouvaient nullement distinguer les contours. Jamais des erreurs ne se produisaient sur l'emplacement de ces cocons invisibles; et la répartition sous les feuilles des femelles occupées à pondre correspondait parfaitement à la distribution des chenilles non encore chrysalidées à la partie supérieure. Nous avons souvent observé ce phénomène inattendu avec intérêt (2).

Se basant sur diverses considérations et en particulier sur l'influence de la masse des hôtes sur le taux du parasitisme, RABAUD trouve que le rôle des enveloppes dites protectrices dans la « protection » des hôtes contre une destruction totale parasitaire serait assez faible. Il suffirait, par exemple, que les individus deviennent très disséminés pour que l'attraction qu'ils exercent sur les parasites s'abaisse et que, finalement, le taux de destruction parasitaire diminue considérablement. Quand les individus ne sont plus qu'en petit nombre, ils échappent relativement plus aisément aux atteintes des parasites, aussi l'espèce hôte ne s'éteint pas; à leur tour, les parasites, par suite de famine, diminuent rapidement en nombre; leur action totale devient de plus en plus faible et finalement l'hôte parvient à subsister aisément.

L'émanation des chenilles de la Teigne déterminant chez l'*Habrobracon* le réflexe de la piqure persiste souvent pendant un certain temps sur les objets tels que le papier, ayant porté quelque temps des chenilles

(1) La ponte à travers une feuille de papier serait à rapprocher de la ponte directe sur des hôtes cachés dans des galeries percées dans du bois, ou dans des tissus végétaux vivants. PEMBERTON et WILLARD signalent que *Diachasma tryni* pond aisément sur les larves de *Ceratis capitata* situées sous la peau des fruits et de ce fait se montrant totalement invisibles de l'extérieur. L'emplacement de ces hôtes est découvert très rapidement par les femelles de *Diachasma*. Les antennes, au dire des auteurs, joueraient un rôle important dans cette découverte à distance d'hôtes non visibles.

(2) Nous avons observé un cas analogue pour l'*Habrobracon brevicornis*, parasite vivant en assez grand nombre aux dépens des *Ephestia kuehniella*, dans les minoteries. Les chenilles l'*Ephestia* avaient tissé leur cocon sur la face interne des sacs contenant la farine dans laquelle elles avaient vécu. Les femelles d'*H. brevicornis* se posaient sur la face extérieure du sac et là, tout en le perforant avec leur tarière, elles atteignaient des plus aisément les cocons situés sous elles.

PICARD a obtenu le même fait expérimentalement avec les *Pimpla*. Cet auteur put voir les *Pimpla* piquer une feuille de papier derrière laquelle se trouvaient des chrysalides de Piéride. Dans la nature, la protection des insectes contre leurs parasites par les loges dans lesquelles ils sont enfermés semble donc n'être que d'une valeur très relative.

parvenues au terme de leur croissance. La soie tissée par les chenilles à ce moment semble particulièrement apte à conserver cette odeur. Ainsi, des piqûres et même des pontes se produisent très bien sur des cocons nouvellement construits, mais venant d'être abandonnés par les chenilles les ayant formés; les mêmes réflexes se produisent aussi sur du papier recouvert par une légère pellicule de soie fraîche. (Ce cas est assez rare). La soie doit prendre d'ailleurs assez rapidement ses propriétés, car un cocon abandonné depuis plusieurs heures par la chenille l'ayant construit se montre sans action sur les *Habrobracon* et les cocons contenant des chrysalides ne sont plus attaqués. La présence de la soie du cocon n'est pourtant nullement indispensable, des attaques se produisant fort bien sur des chenilles errantes non cachées.

Dans la majorité des cas, les œufs sont déposés par paquets sur le corps même des chenilles, mais occasionnellement ils peuvent se trouver placés à côté d'eux (ils sont pourtant toujours placés à l'intérieur du cocon). Cette exception laisserait à penser que le contact de la tarière avec le corps de la chenille ayant le plus souvent lieu au moment de la ponte, ne serait pas absolument indispensable pour déterminer le réflexe de l'émission des œufs. Nous avons même vu des pontes s'effectuer sur des chenilles n'ayant pas été touchées antérieurement par la tarière.

Des observations très diverses se rattachent à des cas semblables; ainsi, PICARD n'a pas obtenu de pontes de *Pimpla* dans des chrysalides vides de Piéride ou dans des rouleaux de papier enduites de sang les remplaçant. MARCHAL vit *Lygellus* pondre sur des dépouilles vides d'*Exochomus* lors du manque de larves vivantes de cette espèce. HOWARD et FISKE observèrent *Pteromalus egregius* pondant aisément dans tout œuf de *Liparis chrysorrhæa* vide mais entouré d'un peu de soie; l'erreur irait même jusqu'à la ponte dans des objets inertes recouverts d'un léger réseau soyeux. Pour *Pteromalus* comme pour l'*Habrobracon*, la soie fraîche pourrait conserver l'odeur attirant les parasites et les déterminant à pondre.

Le contact de la tarière du parasite avec le corps de l'hôte semble donc, suivant les espèces, avoir une influence très variable sur le réflexe de la ponte. Pour certaines espèces il se montrerait indispensable alors que pour d'autres au contraire il ne serait que complémentaire.

Le surparasitisme peut fort bien apparaître chez l'*Habrobracon* à la suite de pontes mal distribuées tout comme il naissait lors de suctions alimentaires abusives. En effet, une femelle pondeuse ne distingue pas une chenille non parasitée ou seulement peu parasitée, c'est-à-dire capable de nourrir des larves, d'une chenille déjà surchargée d'œufs ou de larves d'*Habrobracon* ou encore en presque totalité desséchée par des suctions alimentaires fournies antérieurement; ce surparasitisme, comme celui dû aux suctions alimentaires, n'apparaît que lorsque les individus de l'hôte

sont en nombre très limité; il semble que normalement les hasards de la circulation des *Habrobracon* et des déplacements des femelles entre deux pontes suffisent pour assurer une distribution assez régulière des œufs entre toutes les chenilles disponibles pourvu toutefois que celles-ci soient assez abondantes (1).

Pontes et suctions ont facilement lieu sur la même victime, mais nous n'avons pu établir aucune relation obligatoire bien nette entre les deux actes; il ne semble pas y avoir nécessité de la présence de l'un pour entraîner l'apparition de l'autre.

La ponte des *Habrobracon* s'échelonne assez régulièrement pendant toute la durée de vie des femelles; ainsi, l'été elle se prolonge comme celle-ci pendant un mois environ (pour des femelles vivant à la lumière). On peut compter un dépôt moyen de 6 à 7 œufs par jour et par femelle, mais exceptionnellement ce nombre peut monter jusqu'à 16. Une femelle tue au cours de sa vie pour ses divers besoins une centaine de chenilles et pond en moyenne près de 200 œufs (2). Normalement une chenille de Teigne nourrit de quatre à cinq larves d'*Habrobracon*. Nous ne comptons ici que les œufs ayant poursuivi leur développement, c'est-à-dire ayant abouti à la formation d'adultes.

Ainsi, par exemple, un couple (couple A) nous a donné une descendance de 171 individus; ses pontes s'étaient trouvées réparties sur 30 jours. Il tua, au cours de sa vie, pour ses divers besoins, 96 chenilles de Teigne sur 126 offertes. La moyenne de chenilles tuées par jour oscille entre 4 et 5. Le nombre moyen d'œufs déposé est de 5 à 6 par jour. Le nombre maximum est 16. (Voir tableaux p. 67 et suivantes.)

Un autre couple (couple C) donna une descendance de 197 individus (se répartissant en 177 mâles et 20 femelles). Sur l'ensemble des 64 chenilles offertes, il n'y eut pontes que sur 46 d'entre elles; 16 furent sucées et ne reçurent pas d'œufs. Deux chenilles seulement ne furent pas atteintes et purent se transformer en papillons. Comme la durée de ponte fut de

(1) Les erreurs d'instincts sont fréquentes chez les parasites. FISKE les étudia en 1910 et vit qu'elles présentaient un certain rôle dans l'activité parasitaire. Le surparasitisme est surtout grave chez les espèces solitaires comme *Pimpla instigator*, espèces chez lesquelles deux larves ne peuvent cohabiter dans un même hôte, l'une d'elles devant périr sous les attaques de l'autre. Chez les parasites grégaires tels *Pteromalus puparum*, le surparasitisme apparaît moins facilement, de nombreuses larves pouvant vivre ensemble dans un même individu hôte, seule la disponibilité alimentaire limite leur nombre. Le surparasitisme est alors passif et non direct; il agit par la famine.

Les suctions et les pontes répétées sans limitation sur le même hôte se rencontrent très fréquemment chez les parasites. Ils sembleraient que dans la majorité des cas les parasites ne distinguent pas les hôtes déjà parasités de ceux ne l'étant pas encore, ou au moins ne peuvent le faire que dans une mesure assez limitée.

2) Pour les Hyménoptères parasites de la taille de *Habrobracon Johannseni*, la ponte totale varie en moyenne entre 60 et 200 œufs par femelle. Ainsi *Pteromalus puparum* dépose normalement de 60 à 100 œufs, mais parfois 212; *Dibrachys boucheanus* 124 par exemple (PICARD).

La ponte échelonnée n'est pas générale chez les Hyménoptères. Comme autres espèces la présentant et ayant été étudiées en détail, citons *Melettabia acarta* (PICARD), *Diachasma Tryoni* (PEMBERTON et WILLARD).

Chez *Diachasma* la ponte dure plusieurs semaines; au début elle comporte une moyenne de 6 œufs par femelle et par jour; Sa distribution dans le temps fut fort bien étudiée par PEMBERTON et WILLARD; elle est à comparer avec celle que nous avons obtenue pour l'*Habrobracon*.

[PEMBERWON and VILLARD. — Contribution to the biology of Fruit Fly parasites in Handā (Journ. of Agric. Res., T. X V, n° 8, 1918).]

33 jours, la ponte journalière moyenne serait de 6 à 7 œufs. En général, sur 5 chenilles pouvant être normalement tuées en un jour, 2 ou 3 seulement reçoivent des pontes, les autres étant tuées uniquement pour l'alimentation, ce qui donne une moyenne de 4 à 5 larves d'*Habrobracon* vivant sur une seule chenille de Teigne (1). Le nombre total d'hôtes tués par ce couple ne représente pas le maximum pouvant être atteint car ces hôtes n'avaient été offerts que d'une façon limitée, afin d'étudier le moment à partir duquel le surparasitisme commencerait à apparaître, ainsi que les modalités de l'action néfaste qu'il peut exercer. En effet, nous vîmes que souvent lorsque le nombre de chenilles offertes descend au-dessous de deux par jour, le nombre des descendants des *Habrobracon* diminuer aussitôt. Dans de tels cas, l'examen des chenilles tuées montre que la famine a été la cause de la mort d'un certain nombre des larves parasites. Seules celles qui se trouvent être les plus avancées peuvent échapper à la mort en se transformant prématurément (2). (Voir fig. 16, p. 49.)

Certains élevages (Couple B), dans lesquels les victimes ne furent offertes qu'en nombre très restreint, indiquent nettement les effets néfastes du surparasitisme et les conditions déterminant son apparition. Une disponibilité ne s'élevant qu'à une ou deux chenilles seulement par couple et par jour suffirait à déterminer son apparition.

Ainsi une chenille présentée comme seule victime à un couple d'*Habrobracon* pour un jour, ne parvient à nourrir qu'une ou deux larves seulement, nombre non seulement fort inférieur à la totalité des œufs reçus, mais encore au nombre moyen de larves qu'une chenille élève dans les conditions de parasitisme normal. On peut donc dire que, en raison du surparasitisme, la vitesse d'augmentation numérique de l'*Habrobracon* diminue proportionnellement beaucoup plus rapidement que celle de la Teigne, lorsque celle-ci vient à s'abaisser (3). Si le surparasitisme joue fréquemment un rôle très important dans les élevages, il est assez difficile de préciser ses effets dans les conditions de la nature; ils ne paraissent être qu'occasionnels. Nous les examinerons en détails lors des études sur l'interprétation de l'action parasitaire de l'*Habrobracon* vis-à-vis de la Teigne.

Pour permettre la comparaison de la distribution des pontes de l'*Habrobracon* avec celles présentées par d'autres Hyménoptères parasites, nous indi-

(1) GRAF, dans ses recherches sur la biologie de l'*Habrobracon* faites en Californie, indique les chiffres suivants : Nombre maximum de larves par chenille : 13; durée maximum de vie d'une femelle : 64 jours; Ponte par une femelle : 291 œufs.

Nous n'avons jamais obtenu de chiffres aussi élevés, ce qui laisserait à supposer que notre estimation de l'activité de l'*Habrobracon* serait encore au-dessous de la vérité.

(2) FISKE (W. F.). — Surparasitism; an Important factor on the natural control of Insects. (*Loc. cit.*)

(3) Cet aperçu rapide montre nettement comment le surparasitisme, lorsqu'il joue, entraîne promptement l'anéantissement presque complet d'un élevage. L'espèce hôte et l'espèce parasite, par suite de destructions réciproques, diminuent rapidement de nombre simultanément.

Le jeu du surparasitisme est une des difficultés d'élevage devant toujours retenir l'attention. Lorsqu'il se présente ou menace d'apparaître, il ne faut jamais hésiter à augmenter rapidement le nombre des hôtes ou en cas d'impossibilité, à effectuer d'importants lachers, ou à isoler les pontes des *Habrobracon* aussitôt leur dépôt.

quons ici, à titre complémentaire, le détail des pontes de quatre des éducations par couples isolés nous ayant paru les plus instructives.

Ces couples provenant de pontes d'un même jour, ont été élevés aussitôt après leur naissance dans les conditions suivantes :

Couple A : Disposait journellement de 4 à 7 cocons de Teigne offerts régulièrement.

Couple B : Disposait journellement de 1 à 2 cocons de Teigne offerts régulièrement.

Couple C : Disposait journellement de 3 à 4 cocons de Teigne offerts régulièrement.

Couple D : Disposait journellement de 1 à 7 cocons de Teigne offerts irrégulièrement.

Ces couples étaient exposés au soleil et nourris avec de l'eau sucrée.

Les études ont été faites en se servant de cocons construits sur feuilles de papier. Nos élevages nous les fournissaient par groupes de 50 à 100 par vingt-quatre heures. Après un repos de douze heures environ, c'est-à-dire lorsque les chenilles qu'ils contenaient se montraient dans le meilleur état pour être parasitées par l'*Habrobracon*, nous les séparions les uns des autres en découpant la feuille de papier les portant. Après un examen par transparence, permettant de vérifier leur état, ces cocons étant construits sur du papier « Joseph », nous les déposions suivant le nombre voulu dans chacune des cellules où étaient élevés les vingt-trois couples mis en observation. Vingt-quatre heures après ils étaient retirés, isolés dans des tubes pour éclosions et remplacés par de nouveaux.

Activité parasitaire de l'**HABROBRACON**

(Multiplication, nombre d'hôtes tués et surparasitisme

Descendance de divers couples de l'*Habrobracon* élevés dans des conditions de milieu différentes (1).

Epoque des pontes et Durée de vie des femelles	Chenilles de la Teigne		Pontes de l' <i>Habrobracon</i> (Eufs ayant abouti à des insectes parfaits.)	
	N'ayant pas été tuées et ayant poursuivi leur évolution.	Tuées par l' <i>Habrobracon</i> (sucées ou ayant reçu des œufs)	MALES	FEMELLES
1° — COUPLE A.				
(Hôtes présentés régulièrement, mais en trop grand nombre).				
2 août	»	»	»	
	»	»	+ + + + +	
	»	»	»	
	○	● ● ●	+ + + + +	
		●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
		● ●	+ + + + +	
	○ ○ ○	● ● ●	+ + + + +	
		● ● ● ● ●	+ + + + +	
	○ ○	● ● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	● ● ●	+ + + + +	
	○	● ● ● ● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ● ● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
	○ ○ ○ ○	● ● ● ● ●	+ + + + +	
		●	+ + +	
		● ● ●	+ + +	
		● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
		● ● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
		● ● ● ● ●	+ + + + +	
		● ● ●	+ + + + +	
1 ^{er} Sept.		● ●	+ + + + +	
30 Jours	30	+ 96 = 126 hôtes offerts	171	

(1) Légende explicative des annotations employées :

- Chenilles seulement sucées (représentées que pour le couple C.)
- + Œufs d'*Habrobracon*.
- Chenilles n'ayant pas été tuées.
- Chenilles ayant été tuées et ayant nourri des larves.
- (1) *Habrobracon* de petite taille.
- (2) — de grande taille.

Les comptages des *Habrobracon* ont été effectués avec les adultes après leur éclosion.

Epoque des pontes et Durée de vie des femelles	Chenilles de la Teigne		Pontes de l' <i>Habrobracon</i> (Eufs ayant abouti à des insectes parfaits).	
	N'ayant pas été tuées et ayant poursuivi leur évo- lution.	Tuées par l' <i>Habrobracon</i> (sucées ou ayant reçu des œufs).	MALES	FEMELLES
2 ^o . — COUPLE C.				
(Hôtes présentés régulièrement avec une abondance moyenne).				
2 Août		»	»	++
		⊙⊙●	++	++
		●	++	+
		⊙●●	+++++	+
		●	+++++	
		⊙●	++	+
		●	+++++	+
		●●	+++++	+
		●	++++++	+++++
		●●●	++++++	++
		⊙●	++++++	+
		●●	+++++	+
		●	+++	
		●	+++++	++
		⊙⊙●●●	++++++	+
		⊙⊙●●●	++++++	
		⊙⊙●●●	++++++	
		»	»	
		●	++++++	
		●●	++++++	
		●	++	
		●	++	
		●	+++	
		●●	++++++	
		⊙●	++++++	
		●	+++++	
		●	+++++	
		⊙●	+++++	
		●	++++++	
	○	⊙⊙●●	++++++	
		●	+++++	
		⊙●●	++++++	
		●	+++++	
3 Septemb.				
33 Jours	2	+16+46 = 64 hôtes offerts	177	+20 = 197

Epoque des pontes et Durée de vie des femelles	Chenilles de la Teigne		Pontes de l' <i>Habrobracon</i> (Œufs ayant abouti à des insectes parfaits)	
	N'ayant pas été tuées et ayant poursuivi leur évo- lution	Tuées par l' <i>Habrobracon</i> (sucées ou ayant reçu des œufs)	MALES	FEMELLES
3 ^e — COUPLE D.				
(Hôtes distribués irrégulièrement — Etude des débuts de surparasitisme — Mauvaise utilisation des hôtes)				
4 Août	○ ○ ○ ○ ○ ○○ ○ ○ ○○	●●●● ● ● ●●●● ● ●●●● ●●●● ●● ●● ●●●●● ●●●●● ●● ●●●●	 ++++ ++++++ ++++++ ++++ ++++++ ++++++ ++++++ ++++++ ++++++ ++++++ ++++++ +++++	
20 Août		●●●●	++++++	
19 Jours	11	+ 35 = 46	75	= 75
4 ^e — COUPLE B.				
(Hôtes distribués en petit nombre et irrégulièrement — Etude des effets du surparasitisme).				
2 Août				
4 »		● ● ● ● ●	+++++ ++ +++ +++	++ +
22 Août	○ ○ ○	● ● ● ●	++++++ (1) ++ (1)	+
20 Jours	7+	9 = 16 hôtes offerts	21 +	4 = 25

f) **Longévité des adultes.** — La durée de vie des adultes est plus grande pour les femelles que pour les mâles. Dans les élevages, en été, une femelle peut vivre un mois; un mâle 10 jours. Des adultes soumis au froid l'hiver vécurent trois semaines environ, qu'ils fussent alimentés avec de l'eau sucrée ou non, qu'ils eussent eu ou non des chenilles à leur disposition pour se nourrir. L'abdomen des femelles est resté très longtemps gonflé, présentant alors le même aspect qu'aussitôt après leur naissance (1).

II. — LARVE.

Les œufs de l'*Habrobracon* éclosent le plus souvent peu de temps après leur ponte; ainsi, en été, au bout de deux jours, la jeune larve alors complètement formée, commence à déchirer face à sa tête les enveloppes la retenant prisonnière. S'engageant lentement dans cet orifice, puis l'élargissant peu à peu par des mouvements oscillatoires de la partie antérieure de son corps, elle se libère complètement en peu de temps. Presque aussitôt elle va se fixer sur son hôte en un point quelconque, repli ou bourrelet de la peau de la face ventrale ou dorsale et commence à l'alimenter. Le point d'attaque ne semble pas faire l'objet d'un choix particulier; le plus souvent il ne doit dépendre que du point où les œufs ont été déposés. La jeune larve se déplace sur son hôte au cours de sa vie et change ainsi assez fréquemment d'emplacement de succion. Comme elle prend la couleur de l'aliment absorbé, fréquemment elle peut présenter un aspect rayé de blanc et de rose; les zones roses de son sac digestif correspondant à des périodes de succion sur la face dorsale de la chenille hôte, alors que les



Fig. 21. — Chenille de Teigne parasitée par dix jeunes larves d'*Habrobracon*.

La partie dorsale de la Chenille est rose alors que la partie ventrale est blanche; suivant le point de succion, les larves d'*Habrobracon* sont blanches ou roses; certaines s'étant déplacées au cours de leur évolution se présentent mi-partie blanches et roses.

blanches proviennent d'une alimentation sur la face ventrale de celle-ci. Les chenilles de la Teigne ayant vécu dans les tubercules de Pommes de terre à chair rose étant en effet roses dorsalement et blanches ventralement. Il

(1) La longévité est souvent assez grande chez les Hyménoptères parasites; ainsi *Dibrachys beucheanus* vit aisément pendant plusieurs semaines (PICARD); *Tetrastichus Xanthomelœnæ* pendant 35 jours (HOWARD), *Habrobracon brevicornis* jusqu'à six semaines.

Certaines espèces ont pourtant une période de vie beaucoup plus courte s'étendant alors sur quelques jours à peine; tel est le cas par exemple de l'*Hemiteles longicauda* (parasite de l'*Apanteles glomeratus*) (PICARD).

n'y aurait donc pas brassage et mélange des aliments dans la cavité digestive des larves d'*Habrobracon*. Les chenilles vivant dans les tiges ou les feuilles de Pommes de terre sont vertes, aussi les larves d'*Habrobracon* les parasitant présentent-elles la même couleur.

Si l'on regarde avec soin une larve s'alimentant, on voit très bien des mouvements ondulatoires des parois de la poche digestive; peut-être ces mouvements auraient-ils un rôle dans l'aspiration des sucs?

La croissance larvaire est de durée variable avec la température; elle est toujours assez rapide; ainsi, en été, elle n'exige souvent que cinq à six jours.

Sous l'influence des larves parasites qui absorbent leurs sucs, les chenilles de Teigne diminuent rapidement de volume, se ratatinent puis brunissent ou noircissent en se desséchant complètement.

III. — NYMPHOSE.

La larve de l'*Habrobracon* arrivée au terme de sa croissance, quitte la chenille aux dépens de laquelle elle s'est nourrie, s'en éloigne un peu

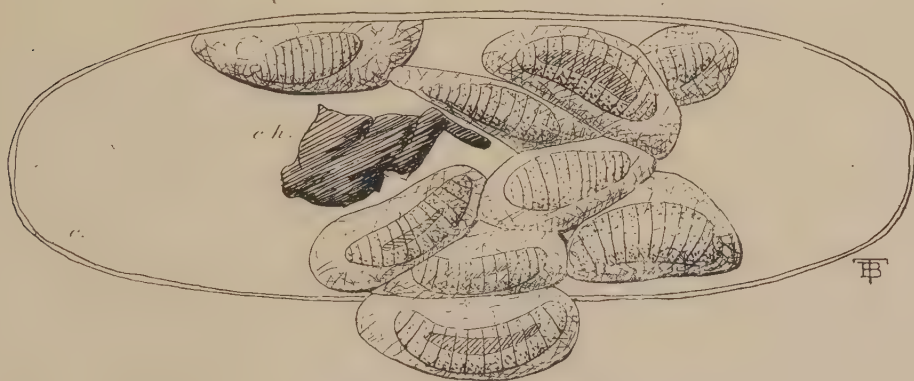


Fig. 22. — Cocons de l'*Habrobracon* groupés autour de la dépouille d'une chenille de Teigne ayant été parasitée.

Ch. — Dépouille desséchée de la chenille hôte.

C. — Cocon enfermant la chenille de Teigne.

Remarquer les différences de taille existant entre les larves de l'*Habrobracon*. Les plus petites d'entre elles ont souffert à la fin de leur développement d'un début de pénurie alimentaire.

et se tisse un cocon soyeux, blanc, à l'intérieur duquel elle s'immobilise, puis se nymphosera. Les larves peuvent se présenter sous des tailles assez différentes à ce moment, suivant la quantité de nourriture dont elles auront

pu disposer pendant leur croissance. Souvent, les cocons des *Habrobracon* sont construits à l'intérieur de celui enveloppant la chenille de Teigne hôte, lequel sert alors d'abri commun.

Exceptionnellement, lorsque la larve de l'*Habrobracon* n'a pu achever la construction de son cocon ou même la commencer, la nymphose peut bien avoir lieu à nu comme chez des Chalcidiens. Parfois aussi, les adultes éclos dans un cocon ne peuvent sortir de celui-ci; certains meurent avec la tête engagée dans l'orifice pratiqué pour la sortie, faute d'avoir pu faire passer le thorax.

La durée de la période nymphale en été est de trois à quatre jours.

IV. — RÉSISTANCE DES DIFFÉRENTS STADES L'*HABROBRACON JOHANNSENI* AUX VARIATIONS DE TEMPÉRATURE.

En décembre 1922, des œufs de l'*Habrobracon* furent portés brusquement de 18° à 5° c, puis laissés à cette température pendant les mois suivants. Leur évolution fut arrêtée, mais elle reprit par la suite lors des relèvements de température. Des expériences plus complètes faites en février 1923 (température de 5°), donnèrent des résultats analogues; pourtant les développements se montrèrent plus nombreux parmi les œufs laissés longtemps au froid que parmi ceux en ayant subi l'action pendant vingt-quatre heures seulement. Il y a toujours d'ailleurs une mortalité assez considérable dans ces expériences, surtout dans les dernières, mais elle provenait principalement des conditions opératoires assez spéciales employées pour effectuer les observations.

Des essais analogues effectués sur des nymphes de l'*Habrobracon* donnèrent des résultats semblables. La mortalité n'a pas été aussi grande pour les larves; souvent elle fut seulement très faible.

Les adultes ont toujours bien résisté au froid; ainsi, des couples éclos le 30 Janvier 1922, mis brusquement le jour même à une température de 5°, tuèrent chacun une chenille; mais ultérieurement, ils se montrèrent inactifs et n'atteignirent que quelques rares chenilles malgré un renouvellement journalier de celles-ci. Les destructions ne furent pas plus nombreuses parmi les individus non alimentés avec de l'eau sucrée. Il n'y eut jamais de ponte. La vie dura près de trois semaines pour tous les individus quel que fût le régime auquel ils avaient été soumis.

L'hivernation des *Habrobracon* peut donc très bien avoir lieu sous l'état nymphal ou d'œuf; l'activité des adultes est suspendue par un froid assez intense, mais la mortalité n'est pas immédiate; avec un relèvement de température, les adultes doivent pouvoir facilement sortir de leur engourdissement, si toutefois celui-ci n'a pas été trop prolongé.

Il est probable que dans les conditions de la nature, les œufs, les larves ou les nymphes, résistent aux variations de température encore plus facile-

ment qu'ils ne l'ont fait dans nos expériences, où pour l'étude nous avons été souvent obligés d'opérer dans des conditions artificielles plutôt défavorables. Les froids tels qu'ils se produisent sur le littoral de la Méditerranée ne semblent finalement n'avoir qu'un seul effet, le ralentissement sur la vitesse de développement de l'*Habrobracon*, effet très analogue à celui qu'ils ont sur le développement de la Teigne.

V. — POLYPHAGIE DE L'*HABROBRACON JOHANNSENI*

Nous avons pu obtenir expérimentalement, dans un certain nombre de cas, des pontes d'*Habrobracon* sur des chenilles de *Gelechia gossypiella* et d'Eudémis. Les développements larvaires se sont effectués normalement et des adultes furent obtenus. La larve de l'*Habrobracon* prend toujours la coloration de son hôte (blanc, vert ou rose, dans les cas essayés).

GENIEZ fit à ce sujet diverses expériences à Ilyères et observa ainsi pour l'*Habrobracon Johannseni* une possibilité de vie sur *Pyrausta nubilalis* et sur différentes autres Lépidoptères vivant dans le Midi de la France (1).

En Amérique, l'*Habrobracon Johannseni* se rencontre fréquemment, parasitant les chenilles du « Grape Leaf folder » (2).

Ces diverses données se complétant mutuellement, permettent de considérer l'*H. Johannseni* comme une espèce assez polyphage; caractère ayant un très gros intérêt pour les pronostics de réussite des essais d'acclimatation à tenter en France; il sera revenu sur ce point. (Voir p. 102.)

Le plus souvent, les femelles de l'*Habrobracon* essayent de sucer leur hôte même inhabituel avant de pondre; parfois, après avoir construit un tube de succion, au moment où elles commencent à aspirer les sucs de l'hôte attaqué, on les voit brusquement quitter l'extrémité de ce tube, s'en éloigner en agitant rapidement les ailes et s'envoler pour ne plus revenir sur un cocon, même pendant plusieurs jours. Ce cas s'est toujours produit avec l'*Ephestia kuehniella*, alors que sur l'*Ephestia* nous trouvons normalement comme parasite l'*H. brevicornis*, espèce assez voisine de l'*H. Johannseni*.

Nous avons là un cas de restriction de la polyphagie pouvant être rapproché de divers autres déjà signalés, tels par exemple la destruction des œufs ou des larves du parasite par enkystement dans les tissus de l'hôte ou par résorption phagocytaire. (Voir à ce sujet p. 113.)

C'est une erreur d'instinct, une imperfection de réflexe que l'on peut comparer avec celle amenant parfois des femelles à pondre dans des hôtes desséchés. Une attirance, puis un réflexe peuvent correspondre à des causes

(1) GENIEZ. — Sur le déterminisme des variations de coloration chez un Hyménoptère parasite. (C. R. Soc. Biolog. — 20 mai 1922).

(2) STRAUSS (T. F.). — The Grape Leaf-folder. (U. S. Depart. Agr. Washington. D.C. Farmers Bull. n° 419), et renseignements obligeamment communiqués par M. HARRY SMITH.

se présentant occasionnellement séparées des conditions qui les entourent habituellement, conditions correspondant seules à la possibilité d'évolution du parasite envisagé.

Ne pourrait-on pas trouver dans des phénomènes de cet ordre une des causes de la spécificité stricte ou de la polyphagie restreinte que présentent certains Entomophages ou Phytophages? Des erreurs de succion ou d'alimentation chez les adultes pourraient déterminer une limitation assez importante d'attirances naturelles très étendues, c'est-à-dire conduire finalement à une spécialisation pour les pontes alors que les larves peuvent se développer sur les hôtes beaucoup plus variés. L'alimentation modifierait, dans une certaine mesure, la gamme des attirances des adultes et réduirait son étendue primitive; secondairement le nombre des hôtes se trouverait être ainsi limité.

Nous savons, par exemple, que les *Sphegiens* sont très stricts sur le choix de leurs proies, alors que leurs larves peuvent vivre sur un plus grand nombre d'espèces. Or, dans ce groupe, les adultes ont fréquemment l'habitude de s'alimenter directement aux dépens de leurs victimes avant de les donner à leur progéniture, soit en les malaxant, soit en les faisant dégorger les liquides que renferme leur tube digestif. N'y aurait-il pas parfois, à la suite de prélèvements alimentaires, restriction à une polyphagie naturelle plus étendue et une tendance à la spécificité très stricte, pour les pontes au moins? Nous signalons cette supposition seulement pour susciter des observations; ce n'est qu'une hypothèse d'expérimentation.

VI. — CYCLE ÉVOLUTIF DE L'*HABROBRACON JOHANNSENI*

NOMBRE ANNUEL DE GÉNÉRATIONS.

En été, le cycle évolutif de l'*Habrobracon* s'effectue complètement en douze à quinze jours. Sur cette durée totale, on peut compter, pour les différentes phases biologiques, les durées élémentaires suivantes :

Incubation de l'œuf.....	2 jours
Vie larvaire.....	5 à 7 jours
Nymphose	4 à 6 jours

Les pontes commencent aussitôt l'éclosion des adultes.

À l'automne et au printemps, la température étant plus basse, l'évolution de l'*Habrobracon* dure de vingt à trente jours. L'hiver, il y a un ralentissement plus considérable dans le développement et le cycle peut alors exiger près de deux mois pour s'achever complètement. Comme la période de ponte des adultes est très longue, les générations sont toujours chevauchantes; ceci rend difficile la fixation d'un chiffre indiquant le nombre de générations se succédant en moyenne au cours de l'année (1)..

(1) GRAF indique des durées de cycle de 10 à 18 jours suivant la température. Le plus fréquemment le cycle évolutif est assez rapide chez les ectoparasites, les larves devant absorber leur nourri-

En ne comptant que la descendance des premiers individus pondus par chaque couple au début de sa vie, on aboutit à dix-sept générations par an dans le midi de la France; douze à quatorze d'entre elles pourraient se succéder durant la belle saison. Ce nombre constitue une limite supérieure. La limite inférieure, en dessous de laquelle l'espèce ne doit plus pouvoir se maintenir, doit être aux abords de cinq générations par an. Il se peut pourtant qu'il y ait dans les pontes quelques individus qui, présentant une évolution très retardée, permettraient à l'espèce de se maintenir pendant les périodes où les hôtes font temporairement défaut (individus aberrants).

Sous les mêmes conditions de température, il peut y avoir de légères variations dans la durée du cycle évolutif; ainsi toutes les éclosions des adultes issus d'une même ponte ne se font pas en même temps, mais au contraire s'échelonnent sur plusieurs jours; la nature du sexe ne paraît pas avoir d'influence sur l'ordre d'apparition. Le tableau ci-joint en donne quelques exemples.

Tableau des **VARIATIONS DE DURÉE DE CYCLE ÉVOLUTIF**
chez l'*HABROBRACON JOHANNSENI*

COUPLE A					COUPLE G				
Dates des Pontes	Eclotions	Nombre d'Adultes		Durée du Cycle	Eclotions	Nombre d'Adultes		Durée du Cycle	
		Mâles	Femelles			Mâles	Femelles		
3 août	16 août	6		12 jours					
5 —	16 —	1		10 —	18 août	2		12 jours	
	17 —	2		11 —	49 —	1		13 —	
	18 —	1		12 —	22 —	2		16 —	
6 —	19 —	7		12 —	20 —	2	1	13 —	
	22 —	2		13 —	22 —		1	15 —	
8 —	20 —	2		11 —	22 —	1	1	12 —	
	22 —	5		13 —	24 —	3	4	14 —	
9 —	22 —	3		12 —					
	24 —	4		13 —					
10 —	25 —	2		14 —					
	27 —	7		16 —					
14 —	25 —	3		13 —					
	27 —	6		13 —					
	29 —	8		17 —					

ture rapidement avant que l'hôte ne se dessèche. Chez certains endoparasites dont la seule piqûre faite lors du dépôt des œufs n'entraîne pas la mort de l'hôte, tel *l'Apanteles glomeratus*, le développement larvaire est souvent plus lent.

A titre de comparaison, nous pouvons citer les durées de cycles évolutifs suivantes pour différentes espèces : 13 à 16 jours pour les *Hemiteles*; 18 à 20 jours pour *Dibrachys boucheanus* en juin; 16 à 17 et 20 à 26 pour *Pleromalus puparum*, suivant que l'on considère les mâles ou les femelles; 15 à 30 pour *Pimplia instigator*.

A diverses reprises nous avons essayé de voir si l'*Habrobracon* présentait facilement des individus aberrants, ce qui serait pour lui une propriété importante pour son maintien dans la nature. Nous avons suivi à cet effet, pendant trois à six mois, une quinzaine de feuilles d'éclosions portant chacune de cinquante à soixante larves. Nous n'avons jamais obtenu d'individu à évolution retardée. Les seules variations de cycle ne portèrent que sur quelques jours à peine. Nous savons d'ailleurs que les individus aberrants se présentent très inégalement avec les espèces. (Voir remarques p. 100.) L'*Habrobracon Johannseni* en offrirait fort peu.

VII. — ESSAI D'INTERPRÉTATION DU MODE D'ACTION DE L'*HABROBRACON JOHANNSENI* DANS LA LIMITATION DE LA MULTIPLICATION DE LA TEIGNE.

Connaissant en détails les cycles évolutifs et les habitudes de la Teigne et de l'*Habrobracon Johannseni* (1), il est intéressant de voir comment paraît devoir s'établir la lutte pour la vie s'opérant entre ces deux espèces et les réactions que ses nécessités entraînent sur l'abondance et la prospérité de chacune d'elles. Cette étude, bien qu'à la fois théorique et expérimentale, peut aider à interpréter les faits observés dans la nature et, sans conférer une valeur absolue aux chiffres qu'elle fournit, elle peut permettre d'apprécier, puis d'éclairer la complexité des phénomènes biologiques créés par le parasitisme, et conduire à des conclusions susceptibles de fournir des indications précieuses sur le degré d'efficacité pratique de l'*Habrobracon Johannseni*.

a) Etude directe de l'interaction biologique Teigne-Habrobracon. —

Les lois générales du parasitisme, la façon de comprendre le mode d'action de ce phénomène dans la nature, ont fait l'objet de diverses études. En

(1). Les principaux caractères biologiques de la Teigne et de l'*Habrobracon* jouant un rôle dans les modalités de la lutte parasitaire se produisant entre ces deux espèces peuvent être résumés comme suit :

a) Pour la Teigne (l'hôte) :

Durée du cycle évolutif 35 jours;

Nombre d'œufs déposés par une femelle :

Le premier jour, 30;

Le deuxième jour, 5;

Le troisième jour, 5.

Durée du stade vulnérable (chenilles dans la période prénymphale) : 24 heures.

Proportion des sexes : égalité.

b) Pour l'*Habrobracon Johannseni* (le parasite) :

Durée du cycle évolutif 12 jours.

Stade prenant part à la lutte : femelle adulte.

Durée de la vie des femelles : 30 jours.

Nombre de chenilles tuées journellement pour les divers besoins de l'*Habrobracon* : 5

Nombre d'œufs pondus par jour : 8

Le surparasitisme apparaît lorsque moins de deux chenilles sont offertes chaque jour.

Proportion des sexes : égalité.

Ces chiffres sont établis d'après les moyennes les plus fréquentes. Nous supposons la température constante, puisque la mise en ligne de compte de ce facteur ne fait que ralentir ou accélérer les phénomènes sans modifier sensiblement leur marche : les deux espèces variant synchroniquement sous l'influence des modifications de température. Les moyennes données correspondent à la température de 20° à 24° qui est celle sous laquelle la majorité de nos expériences d'établissement ou de vérification eurent lieu. Elle correspond aussi approximativement à la température moyenne de l'été sous le climat méditerranéen.

1897; MARCHAL (1) en a défini les bases, en montrant qu'il existe, pour la majorité des espèces, « une position d'équilibre numérique » due aux disponibilités de nourriture et autres conditions du milieu extérieur, position constituant une limite et rarement atteinte lorsque le parasitisme joue, en dessous de laquelle l'espèce se présente suivant une « courbe d'évolution numérique normale ». Hôte et parasite ont chacun une courbe propre, d'allure différente, mais présentant toutes deux des oscillations synchrones; périodiquement elles se rencontrent. A ces moments, les deux espèces en présence sont en nombre égal et se détruisent réciproquement; après les chutes brusques, le phénomène recommence périodiquement. L'anéantissement total n'a jamais lieu, car les deux espèces subsistent grâce à leurs individus aberrants qui échappent à la destruction ou à la famine générale et probablement aussi par une diminution du taux d'activité des parasites lorsque les individus de l'hôte deviennent très disséminés (2).

On peut avoir un aperçu de la manière dont se produisent ces oscillations successives d'abondance puis de disparition de chaque espèce dans le cas de l'interaction Teigne-*Habrobracon* et des facteurs qui influent sur les périodes et les amplitudes des mouvements; en étudiant comparativement, d'une façon détaillée, les deux cas suivants :

Dans chacun, nous prenons un couple de l'*Habrobracon*, mais dans le premier, les *Habrobracon* n'auront à s'attaquer qu'à la descendance d'une seule femelle de Teigne, alors que dans le second, au contraire, ils auront à combattre celle de quatre couples ayant respectivement pondu à une huitaine de jours d'intervalle; ainsi dans le second cas se trouveront-ils en présence d'un hôte quatre fois plus abondant (3).

La femelle de l'*Habrobracon* qui n'aura que la descendance d'un seul couple de Teigne à vaincre, commencera à agir lorsque les chenilles de la Teigne se présenteront à leur stade vulnérable; mais, comme toutes celles-ci apparaissent ensemble, en raison des pontes groupées auxquelles elles correspondent, son action ne pourra durer que fort peu de temps, environ trois jours. Cette durée de temps est insuffisante pour lui permettre de déposer tous ses œufs, aussi ne laisse-t-elle après elle qu'une faible descendance. Les chenilles de la Teigne auront pu échapper en grand

(1) MARCHAL (P.). — L'équilibre numérique des espèces et ses relations avec les parasites chez les Insectes. (C.R. Soc. de Biologie. 1897.)

(2) Récemment de nouveaux travaux sur les lois générales de la lutte parasitaire ont été effectués par THOMPSON. THOMPSON grâce à des études analytiques détaillées des principaux facteurs entrant en jeu dans les interactions parasitaires, est arrivé à mettre en évidence divers principes généraux dont la connaissance est appelée à rendre de grands services dans la direction des travaux d'acclimatations artificielles d'insectes entomophages étrangers ainsi que pour l'appréciation de la valeur des résultats obtenus par ces entreprises :

THOMPSON (W. R.). — Théorie de l'action des parasites entomophages. Les formules mathématiques du parasitisme cycliques. (C. R. Ac. Sc., 1^{er} mai 1922.)

THOMPSON (W. R.). — Etude mathématique de l'action des parasites entomophages. Durée du cycle parasitaire et accroissement de la proportion d'hôtes parasites. (C. R. Ac. Sc., 29 mai 1922.)

THOMPSON (W. R.). — Théorie de l'action des parasites entomophages. Accroissement de la proportion d'hôtes parasités dans le parasitisme cyclique. (C. R. Ac. Sc., 3 juillet 1922.)

(3) On suppose que les quatre couples n'ont pas pondu ensemble, mais au contraire les uns à la suite des autres à huit jours d'intervalle. Si toutes les pontes avaient lieu en même temps, nous nous trouverions ramenés, comme nature d'interaction, au premier des deux cas étudiés.

nombre à la destruction en raison de leur abondance relative au même moment et du peu de durée de leur stade vulnérable. Dans ces circonstances, ne tuant que peu d'hôtes et pondant à peine, l'*Habrobracon* se trouve dans l'impossibilité de prendre rapidement le dessus dans la lutte biologique. [Représenté graphiquement p. 76 et 77, graph. I et III.]

Détails de la lutte entre un couple de l'Habrobracon et un couple de la Teigne.

Le calcul détaillé qui indique ces faits peut se résumer comme suit :

La femelle de l'*Habrobracon* se trouve en présence des chenilles de Teigne pendant 3 jours au début de sa vie.

Sur 30 chenilles rencontrées le premier jour, 5 sont tuées, 8 œufs sont pondus; sur 5 chenilles rencontrées le deuxième jour; 5 sont tuées, 8 œufs sont pondus; sur 5 chenilles rencontrées le troisième jour, 5 sont tuées, 8 œufs sont pondus, soit le dépôt de $8 \times 3 \times 24$ œufs de *Habrobracon*.

Il reste $30 - 5 = 25$ chenilles de Teigne qui n'auront pas été tuées et qui, continuant leur évolution, donneront 25 papillons dont les 12 femelles pondront ensemble.

Peu après l'éclosion des 24 *Habrobracon* se produit et les 12 femelles qui en proviennent, vivant pendant un mois rencontreront la descendance du lot de Teigne échappé. La lutte se reproduira.

Sur $12 \times 30 = 360$ chenilles trouvées au début, $12 \times 5 = 60$ chenilles seront tuées et $12 \times 8 = 96$ œufs seront déposés. Les 60 chenilles se montrant respectivement les 2^e et 3^e jours seront toutes tuées et recevront $12 \times 8 = 96$ œufs pour chaque groupe. Il subsistera ainsi $360 - 60 = 300$ Teignes (dont 150 femelles) et les pontes de l'*Habrobracon* ne s'élèveront qu'à $96 \times 3 = 288$ œufs dont 144 femelles.

La proportion entre les Teignes et les *Habrobracon* reste donc sensiblement la même qu'au début.

Si le nombre de chenilles tuées ou des œufs pondus varie un peu, la balance penchera légèrement en faveur de l'une ou de l'autre espèce mais ce ne sera qu'après un temps très long que la destruction totale aura lieu.

En réalité, dans la nature si les phénomènes doivent suivre à peu près la marche générale indiquée, toujours un certain nombre d'individus aberrants de la Teigne échappent aux atteintes des femelles de l'*Habrobracon*; d'autres encore ne reçoivent que des pontes suffisamment faibles pour que le surparasitisme n'agisse pas. Aussi, les générations de la Teigne finiront par chevaucher assez rapidement et nous nous trouvons peu à peu amenés au deuxième exemple d'interaction parasitaire, celui où une seule femelle de l'*Habrobracon* se trouve en présence, non plus d'une seule génération de la Teigne, mais de plusieurs générations consécutives.

Dans le deuxième exemple, nous offrons à la femelle initiale de l'*Habrobracon*, quatre fois plus d'individus de la Teigne dès le début (descendance de quatre couples n'ayant pas pondu les mêmes jours). Cette femelle agira comme précédemment vis-à-vis du premier lot de chenilles de Teigne rencontré. Quelques jours après, un second groupe de chenilles se présentant, elle répétera la même action, c'est-à-dire tuera la moitié du nombre d'hôtes offert et déposera encore un certain nombre d'œufs. Mais, dès le douzième jour de son existence, de nouveaux individus issus des premiers œufs déposés viendront s'ajouter à elle; aussi, lorsque le lot de chenilles issu du troisième couple de la Teigne passera à son stade vulnérable, ce sera une véritable petite armée d'*Habrobracon* qui l'attaquera. Ce lot périra entièrement et servira de nourriture à de très nombreuses larves.

Le quatrième lot de la Teigne aura le même sort, et les éclosions d'*Habrobracon* devenant de plus en plus nombreuses, la seconde descendance du deuxième couple sera anéantie à son tour sous le nombre toujours croissant des parasites. Les quelques Teignes ayant encore pu échapper à cette destruction quasi-générale ne tarderont pas à être décimées à leur tour.

Ainsi, ayant eu à s'attaquer à la descendance de quatre couples de Teigne, par suite de l'avantage qu'elle a eu de pouvoir effectuer des pontes au cours de sa vie, la femelle initiale laisse après elle une très forte descendance. Elle aura tant fait avec l'aide de ses filles, qu'à sa mort la descendance de deux des couples de Teigne sera déjà détruite; en quelques générations, l'hôte se trouvera maîtrisé, puis décimé. [Représenté graphiquement p 77 et 78, graph. II, IV et V.]

Détails de l'interaction entre une femelle de l'Habrobracon Johannseni et les descendances de quatre couples de Teigne.

La descendance des quatre couples de Teignes se présente à huit jours d'intervalle.

Le premier groupe se présente à la femelle de l'*Habrobracon* pendant trois jours : (Série A). Premier jour, 30 chenilles offertes, 5 tuées, 8 œufs d'*Habrobracon* déposés; deuxième jour, 5 chenilles offertes, 5 tuées, 8 œufs d'*Habrobracon* déposés; troisième jour, 5 chenilles offertes, 5 tuées, 8 œufs d'*Habrobracon* déposés.

Il ne restera que $30 - 5 = 25$ chenilles de Teigne; les autres auront servi de nourriture aux $3 \times 8 = 24$ larves de l'*Habrobracon*. Douze femelles de Teigne formeront la seule descendance en mineuse après l'action parasitaire. (Série A.)

Huit jours après cette période d'activité, notre couple se trouve en présence du 2^e lot de chenilles de Teigne, et, opérant de la même façon il dépose 24 œufs et ne laisse subsister que 12 femelles de Teigne. (Série B.)

En attendant d'agir de la même façon sur le 3^e lot de chenilles de Teigne, notre femelle de l'*Habrobracon* se voit renforcée dès le 14^e jour de $24/2 = 12$ collègues issues du couple A, aussi lorsque le 16^e jour les chenilles se présenteront, aucune d'entre elles ne pourra échapper à l'action de cette petite armée. Le premier jour, les 30 chenilles seront tuées par ces 12 femelles et recevront $12 \times 8 = 104$ œufs (Série C.). Le 2^e et le 3^e jour, les 5 chenilles offertes se verront en nombre insuffisant et par suite du parasitisme et du surparasitisme, elles disparaîtront sans utilité en ne laissant ni Teigne, ni *Habrobracon*.

Notre femelle subsiste toujours et voit son escorte grossir, une seconde fois le 24^e jour moment où la série B donne 12 femelles. Sous cette armée de $1 + 12 + 12 = 25$ *Habrobracon* femelles, le 4^e lot de Teigne qui se présentera le 26^e jour sera anéanti et le surparasitisme devenant de plus en plus important il ne pourra y avoir que 2 larves pour chaque chenille du 1^{er} lot de 30 et non 8 comme dans le cas précédent (25 *Habrobracon* contre 30 chenilles). Toutes les autres disparaîtront sans utilité (Série D.).

Après cette vie longue et bien remplie notre femelle initiale meurt laissant à sa place $12 + 12 + 24$ chenilles actives et 104 (Série C) + 60 (Série D) jeunes larves. Elle aura tué avec ses filles une partie des 2 premiers lots de Teignes et la totalité des 2 derniers, soit réduction de près des 2/3 des Teignes en 30 jours.

Mais continuons encore un peu; le 36^e jour, l'armée parasite est renforcée de $104/2 = 52$ nouvelles femelles. Portée ainsi au nombre de 12 (Série B) + 52 (Série C) = 64; elle va s'attaquer presque aussitôt à la descendance des 12 Teignes du 1^{er} lot ayant échappé. Le bilan d'offre et de destruction s'établit ainsi :

$12 \times 30 = 360$ Teignes offertes dont $64 \times 5 = 320$ seront tuées et alimenteront $64 \times 8 = 512$ larves parasites. Les deux groupes de $12 \times 5 = 60$ qui se présenteront les jours suivants seront anéantis et disparaîtront sans utilité, le surparasitisme en étant la cause; $360 - 320 = 40$ seulement échapperont.

La descendance des 12 Teignes issues du 2^e lot et début aura affaire à 52 (Série C) + 30 (Série D) = 82 femelles de *Habrobracon*. La destruction des Teignes sera totale et il y aura dépôt de $82 \times 8 = 656$ œufs.

Ainsi dès la 2^e génération le résultat de la lutte se montre nettement en faveur du parasite.

Le but sera atteint dès la troisième génération de Teigne; celle-ci se présentera avec

$20 \times 30 = 600$ chenilles qui périront sous les attaques des $512/2 + 656/2 = 256 + 328 = 584$ femelles de l'*Habrobracon*.

L'espèce Teigne anéantie l'*Habrobracon* ne tardera pas à périr par famine.

b) **Représentation graphique de l'interaction parasitaire Teigne-Habrobracon.** — L'évolution numérique d'une espèce dans le temps peut être représentée graphiquement par une courbe. Pour une même espèce et pour les mêmes conditions de milieu, il existe plusieurs courbes d'évolution très différentes, chacune d'entre elles correspond à une façon particulière d'estimer l'abondance numérique de l'espèce considérée au même moment. On peut envisager en effet, soit de compter ensemble tous les individus quel que soit leur stade, soit seulement ceux se présentant à un stade déterminé, tel que par exemple : insecte parfait, œuf, jeune chenille, chenille âgée, nymphe, etc. Autant de stades différents pouvant être envisagés, autant il y a de courbes d'évolution pour un même insecte.

Pour l'étude des interactions parasitaires, nous pensons que les courbes les plus avantageuses sont celles correspondant aux stades de l'hôte et du parasite prenant part directement à l'interaction; c'est-à-dire celles relatives au stade offensif pour le parasite, au stade vulnérable pour l'hôte. Nous estimons donc la pullulation de la Teigne d'après le nombre des chenilles se trouvant dans la période pré-nympheale et celle de l'*Habrobracon* d'après le nombre des femelles pondeuses; nous n'envisagerons pas ainsi l'évaluation de ces deux espèces sur les mêmes bases et même, pour l'une d'elles, nous ne considérerons que la moitié du nombre d'individus; pour les *Habrobracon* nous ne comptons en effet que les femelles et non les adultes, ceux-ci comprenant à la fois les mâles et les femelles.

La courbe d'évolution obtenue pour la Teigne présente une forme très particulière. Elle est discontinue, mais montre de très grandes et très brusques oscillations régulièrement espacées au début, s'amplifiant peu à peu, puis empiétant finalement les unes sur les autres. Nous trouvons ainsi figurés les caractères essentiels de la Teigne : hôte ne se présentant sous son stade vulnérable pour l'*Habrobracon* que par masses très importantes, d'apparitions fugaces et ne revenant qu'à intervalles de temps assez prolongés, au début tout au moins. On remarque aussi que la forme de l'évolution de la Teigne change rapidement, c'est-à-dire qu'en raison de légers échelonnements dans les pontes, les générations, de groupées qu'elles étaient au début, deviennent peu à peu chevauchantes. (Courbe I, fig. 22.)

La courbe obtenue pour l'*Habrobracon*, correspondant à la descendance d'un couple, présente une forme toute différente. Elle est d'abord continue, n'offre aucune oscillation et s'élève régulièrement par paliers plus ou moins rapprochés. Elle indique bien un parasite à action continue et régulière. (Courbe II, fig. 23.)

En traçant les courbes d'évolution de la Teigne et de l'*Habrobracon* sur le même graphique, nous obtenons la représentation de l'interaction parasitaire existant entre les deux espèces.

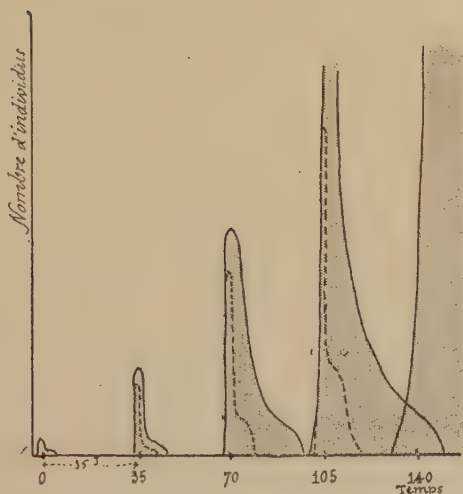


Fig. 22. — (Courbe I) : Evolution numérique de la Teigne : Courbe d'évolution correspondant au stade de chenille parvenue à la « période prénymphale ». (Descendance d'un couple).

— Evolution normale. Remarquer la tendance de l'espèce à présenter rapidement des générations chevauchantes.
 - - - Evolution lors du parasitisme par l'*Habrobracon*.

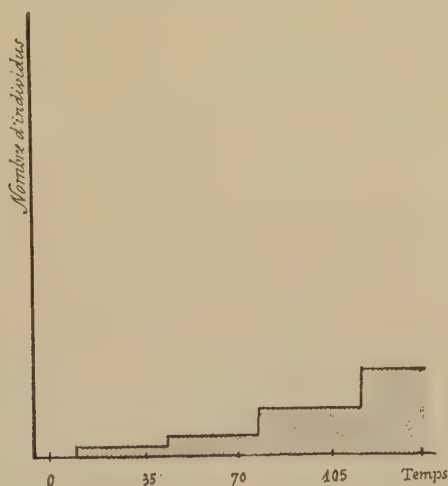


Fig. 23. — (Courbe II) : Evolution numérique de l'*Habrobracon* : Courbe d'évolution correspondant au stade de « femelle adulte ». (Descendance d'un couple).

Remarque — Pour ces courbes, nous considérons la Teigne et l'*Habrobracon* seulement sous leur stade biologique prenant part à l'interaction parasitaire.

• Une femelle d'*Habrobracon* tuant en moyenne cinq chenilles de la Teigne par jour, nous pouvons exagérer cinq fois les hauteurs de la courbe de cette espèce et obtenir ainsi une représentation commode des détails d'interaction. En effet, les parties de la courbe de la Teigne situées au-dessus de la Courbe de l'*Habrobracon*, indiquent les hôtes qui échappent au parasitisme, alors qu'au contraire celles situées au-dessous, correspondent aux hôtes tués et aux pontes de l'*Habrobracon*. L'activité du parasite se trouve ainsi facile à suivre.

Sur un premier graphique, celui se rapportant au premier exemple d'interaction envisagé plus haut, nous considérons un couple de la Teigne et un couple de l'*Habrobracon*. L'activité de l'*Habrobracon* ne s'exerce que pendant très peu de temps, aussi la puissance de multiplication de l'espèce ne peut se développer que fort peu. Le parasitisme demeure faible et la Teigne peut croître en nombre, ne se trouvant que légèrement réfrénée dans son mouvement ascensionnel. (Graph. III, fig. 26.) Il est facile de voir comment l'*Habrobracon* détruit les aberrants de la Teigne et empêche ainsi les générations de cet hôte de devenir très rapidement chevauchantes; la limitation de la Teigne par l'*Habrobracon* porte donc surtout sur les individus s'éloignant des masses principales. (Graph. I, fig. 24.)

Les conditions d'interaction sont tout autres pour le deuxième exemple étudié, celui où nous considérons non plus un couple de Teigne mais

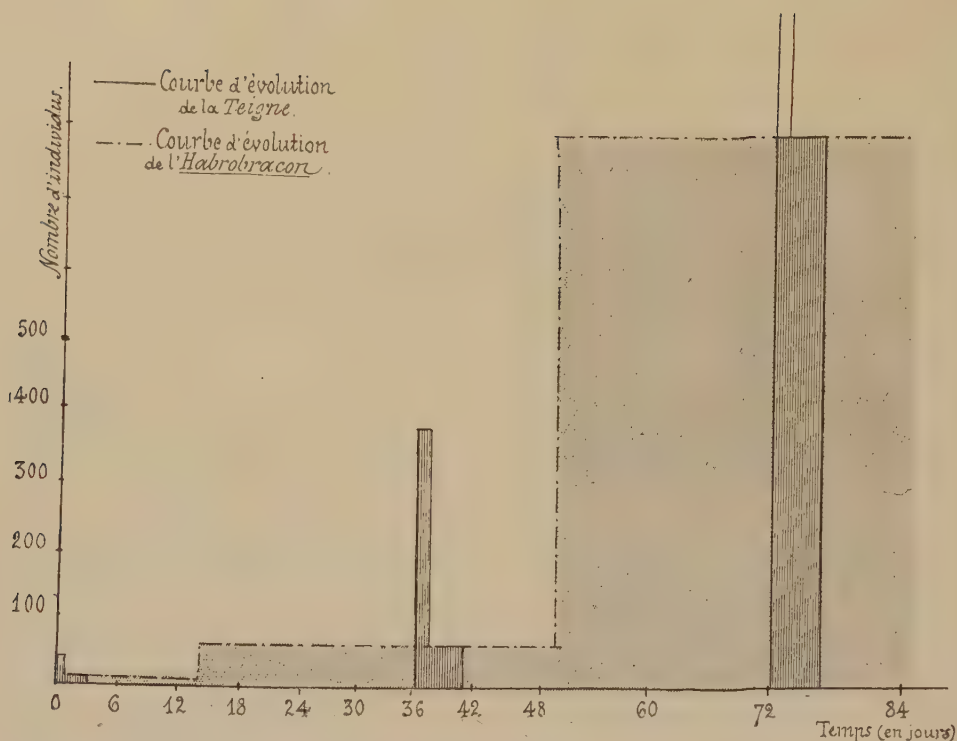


Fig. 24. — **Graphique I.** — Interaction biologique entre un couple de la Teigne et un couple de l'*Habrobracon* (graphique d'étude).

Pour la commodité des études, les hauteurs correspondant au nombre des femelles de l'*Habrobracon* ont été exagérées cinq fois (une femelle tuant en moyenne cinq chenilles par jour).

Les parties de la courbe de la Teigne situées au-dessus de la courbe de l'*Habrobracon*, correspondent aux hôtes ayant échappé à la destruction parasitaire, alors que celles englobées indiquent au contraire ceux qui ont été tués par l'*Habrobracon*. Le rapport entre les deux surfaces représente l'activité du parasite.

Remarquer les longues périodes d'inactivité des *Habrobracon* par suite de manques prolongés de Teignes à leur stade vulnérable, et leur tendance à faire disparaître les individus aberrants de celle-ci plutôt que ceux groupés en masses importantes.

quatre présentés successivement à quelques jours d'intervalle. La multiplication et l'activité de l'*Habrobracon* deviennent alors considérables dès les débuts; les pontes sont plus abondantes, et l'*Habrobracon* développe toute sa puissance parasitaire. La courbe de l'*Habrobracon* monte très rapidement en peu de temps, dépasse celle de la Teigne et parvient à rester au-dessus d'elle pendant une période de plus de trente jours; l'espèce hôte se trouve alors être subjuguée et l'invasion commencée enrayée dès ses débuts. (Graph. II, IV et V, fig. 25, 27 et 28.)

Dans la construction des courbes, nous avons tenu compte du surparasitisme. Par contre, nous n'avons pas envisagée la question du hasard des rencontres entre les hôtes et les parasites, c'est-à-dire du fait le plus souvent remarqué que cent parasites ne tuent pas en général cent hôtes, mais seulement soixante-dix environ. Nous avons cru pouvoir négliger ici sans grands inconvénients ce facteur car nous avons pris comme base des chiffres moyens donnés par expérimentations nombreuses faites dans

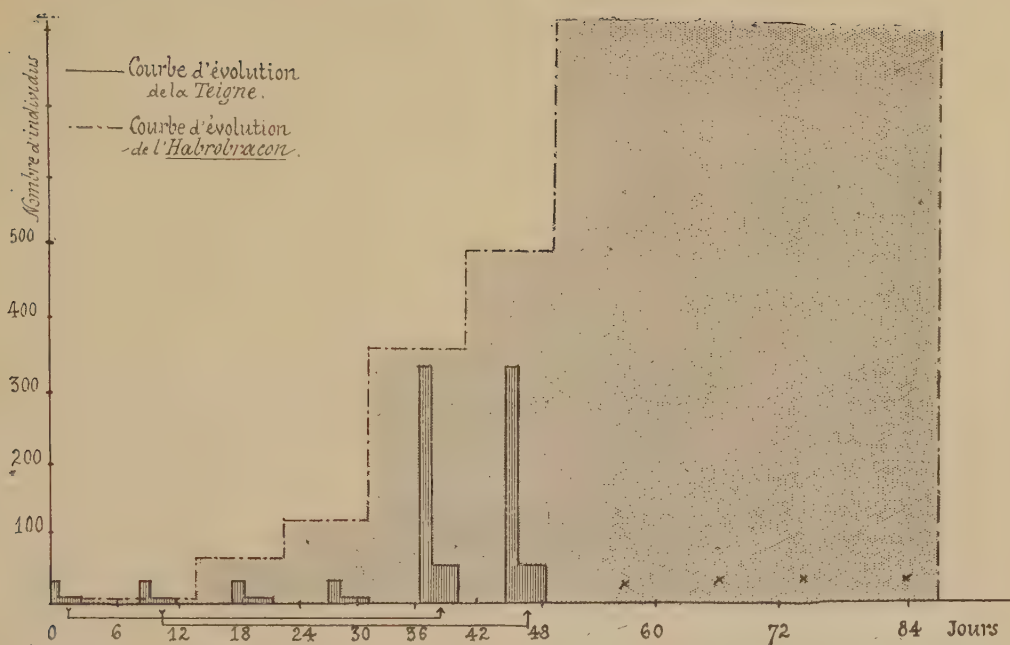


Fig. 25. — **Graphique II.** — Interaction biologique entre quatre couples de la Teigne et un couple de l'*Habrobracon* (graphique d'étude).

Comme pour le graphique précédent, les hauteurs ont été exagérées cinq fois pour le nombre des femelles de l'*Habrobracon*.

La courbe de l'*Habrobracon* montant plus rapidement ici au début, en raison de la plus grande abondance des pontes effectuées par cette espèce, elle parvient en très peu de temps à se maintenir pendant plus de 35 jours consécutifs au-dessus de celle de la Teigne. La Teigne se trouve être à ce moment complètement décimée par le parasitisme; son cycle évolutif étant de 35 jours, tous ces individus auront en effet été touchés.

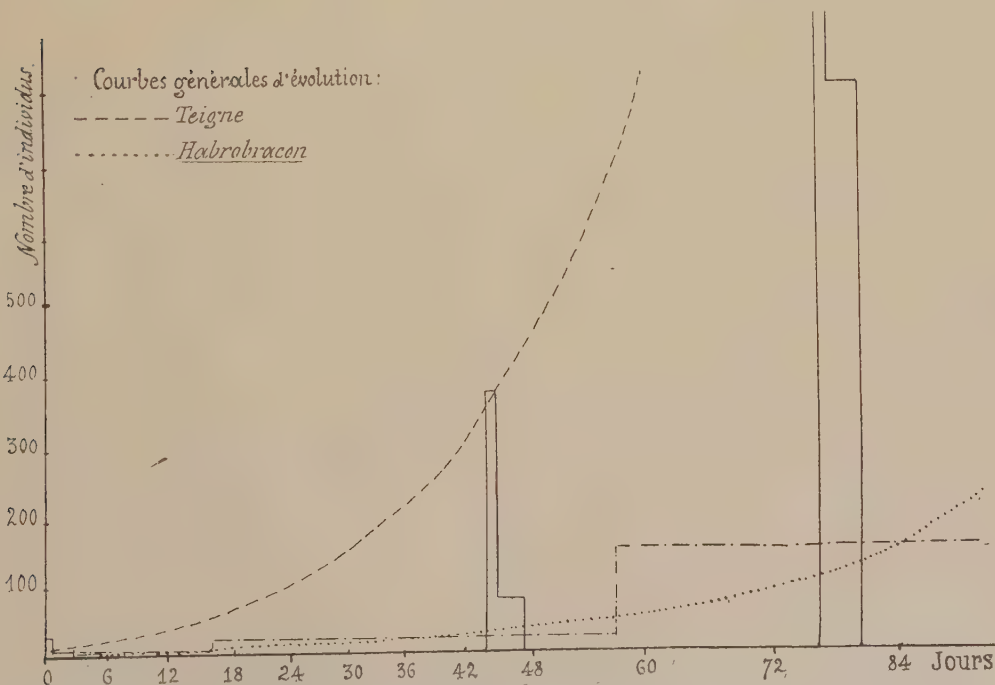


Fig. 26. — **Graphique III.** — Interaction biologique entre un couple de la Teigne et un couple de l'*Habrobracon*. (Courbes élémentaires et courbes générales d'évolution des deux espèces).

L'*Habrobracon* et la Teigne augmentent régulièrement en nombre, mais ni l'une ni l'autre espèce ne prend la prépondérance.

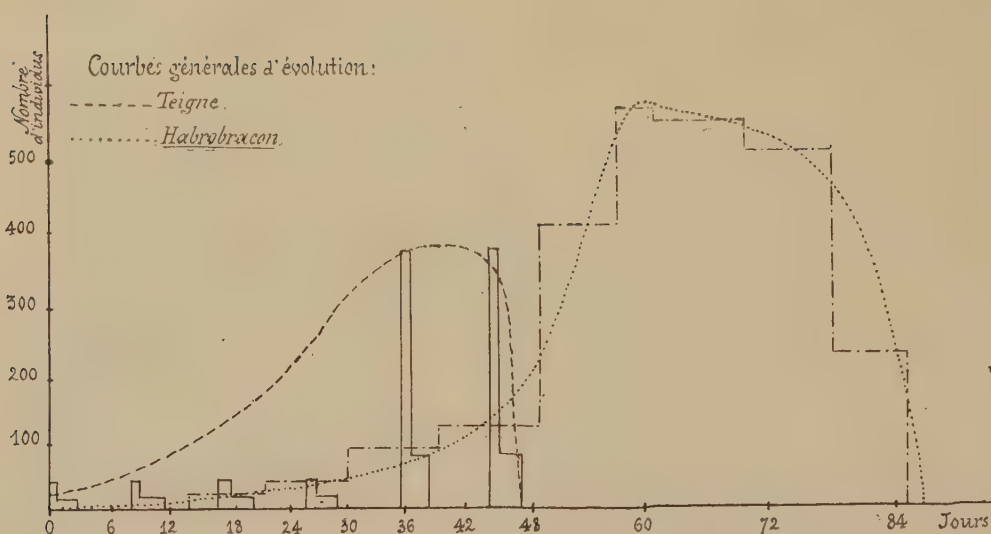


Fig. 27. — **Graphique IV.** — Interaction biologique entre quatre couples de la Teigne et un couple de l'*Habrobracon*. (Courbes élémentaires et courbes générales d'évolution pour les deux espèces).

Remarquer comment une augmentation numérique importante de la Teigne au début et surtout une apparition échelonnée de ses individus permet à l'*Habrobracon* une destruction dans les plus brefs délais. (Influence du mode de pullulation de l'hôte sur l'activité d'un parasite).

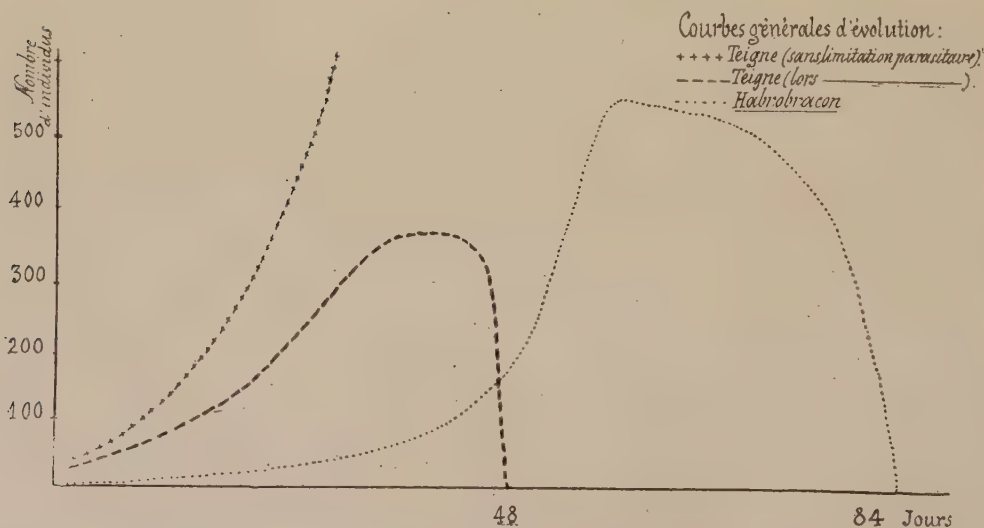


Fig. 28. — **Graphique V.** — Courbes générales de l'interaction parasitaire Teigne-*Habrobracon* (exemple relatif à un couple de l'*Habrobracon* et à quatre couples Teigne).

La chute des deux courbes n'a nullement lieu au moment où ces courbes se rencontrent; pour l'hôte, la décroissance commence avant, pour le parasite au contraire, elle ne se produit que longtemps après. Les superficies circonscrites par les courbes correspondent aux taux de pullulation des deux espèces. Remarquer la prodigieuse puissance de multiplication de l'*Habrobracon*.

des conditions se rapprochant assez de celles du hasard des rencontres dans la nature; ils se montrent même plutôt un peu inférieurs. Si l'on voulait tenir compte plus en détail de la question du hasard des rencontres, la marche générale des phénomènes ne serait guère modifiée; il y aurait plus d'aberrants; or, ceux-ci disparaissent souvent sans utilité pour la pululation de l'espèce hôte ou de l'espèce parasite (surparasitisme); s'ils échappent, ils ne font que d'accélérer la tendance naturelle de la Teigne à présenter rapidement une évolution par générations chevauchantes.

En utilisant les graphiques, nous nous sommes surtout proposés de mettre en relief les caractères des deux insectes ayant une importance primordiale dans l'interaction parasitaire (durée des cycles évolutifs, modalités de la ponte, durée des périodes de vulnérabilité ou d'activité), afin de faciliter les recherches et de permettre des comparaisons avec d'autres exemples (1).

c) **Remarques sur l'interaction parasitaire Teigne-Habrobracon.** —

La comparaison des deux exemples étudiés montre comment une augmentation numérique de l'espèce hôte au début d'une interaction parasitaire, augmentation accompagnée toutefois d'un échelonnement des individus dans le temps, favorise le parasitisme et même conduit à une destruction totale beaucoup plus prompte de cet hôte; la descendance de quatre couples de Teigne est ainsi beaucoup plus rapidement anéantie que ne l'est celle d'un seul.

Cette remarque sur l'interaction Teigne-*Habrobracon* peut paraître paradoxale à première vue. Elle nous a été tout d'abord révélée par la conduite d'élevages. Nous avons en effet reconnu rapidement qu'un élevage intensif et très régulier de la Teigne était le plus souvent très promptement anéanti par le parasitisme, et conduisait en peu de temps à une multiplication considérable de l'*Habrobracon*; alors qu'au contraire un élevage irrégulier, dans lequel la Teigne évoluait par générations massives et groupées, ne l'était pas et n'aboutissait qu'à la production d'un nombre très faible d'*Habrobracon*. Dans ces derniers, la Teigne et l'*Habrobracon* subsistent toujours à peu près dans la même proportion, aucune des deux espèces ne s'éteignant ni ne prenant la prépondérance sur l'autre.

Nous pouvons interpréter ces curieux phénomènes par des questions de différences dans les degrés d'utilisation de la puissance parasitaire de l'*Habrobracon*. Si nous offrons des hôtes irrégulièrement, c'est-à-dire par alternatives de grandes masses et de quantités très limitées, les parasites ne peuvent déposer qu'une très petite quantité de leurs œufs, leur ponte est faible, le surparasitisme agit fréquemment; finalement ils n'ont pu

(1) Les graphiques ne correspondent qu'à une nécessité d'étude et ce serait leur donner une interprétation fautive que de vouloir chercher dans les courbes qu'ils comportent l'évolution absolue, toujours rigoureusement semblable à elle-même de la Teigne et de l'*Habrobracon*. Ces courbes ne constituent qu'un moyen de recherche.

atteindre que très peu d'hôtes, beaucoup moins que leur nature leur eût permis si ces hôtes s'étaient présentés sous un mode de distribution dans le temps différent. Si l'on échelonne les hôtes, tout en augmentant leur nombre, on permet à l'*Habrobracon* de déposer tous ses œufs et de développer immédiatement sa puissance parasitaire maximum. Dans de telles conditions, il se multiplie très rapidement et devient capable de subjuguier la Teigne en très peu de temps (1). (Comparer ensemble les graphiques I et II, et III et IV.)

Nous avons trouvé confirmation de cette interprétation dans les rendements extrêmement élevés que nous avons obtenus par les élevages méthodiques effectués dans des cages séparées, élevages dont le caractère fondamental était de fournir une distribution des hôtes dans le temps très régulière. (Voir p. 87.)

Dans un autre ordre d'idées nous voyons que la Teigne échappe à une destruction totale par l'*Habrobracon* surtout par la présence de générations groupées, caractère qui lui est donné par des pontes massives à peine échelonnées sur quelques jours seulement. Contrairement à la majorité des exemples trouvés pour les autres Insectes, pour la Teigne les individus aberrants ne joueraient pas toujours un rôle principal dans le maintien de l'espèce malgré le parasitisme. L'*Habrobracon* étant un parasite à activité prolongée, ininterrompue mais faible chaque jour, les aberrants de la Teigne sont facilement détruits alors que les individus se montrant en grand nombre le même jour, peuvent en majorité échapper à la destruction parasitaire (2).

Notons qu'en opérant ainsi, c'est-à-dire en détruisant aisément les aberrants de son hôte et en n'atteignant que faiblement les individus se présentant par grandes masses, l'*Habrobracon* est loin d'agir à son plus grand avantage. Il empêche son hôte de présenter rapidement une évolution par générations chevauchantes et parvient à le maintenir sous la forme de générations groupées. L'*Habrobracon* contribue à faire persister les conditions d'interaction parasitaire lui étant des plus défavorables et s'oppose à leur changement naturel progressif. Ainsi s'explique les faits inattendus signalés plus haut, que, contrairement aux élevages réguliers, les élevages irréguliers conservent à peu près constamment le même nombre d'individus, ni les hôtes, ni les parasites n'y prennent la prépondérance. La marche en reste capricieuse, avec apparitions successives, mais sans ordre et sans rapports, de périodes de manque absolu ou de pullulation élevée de chenilles de Teigne ou d'*Habrobracon* adultes.

(1) Ces notions sont très importantes pour les techniques des élevages; elles sont particulières à l'interaction Teigne-*Habrobracon* et ne doivent pas être généralisées aux autres interactions parasitaires.

(2) Un exemple quasi opposé de lutte parasitaire intéressant à rapprocher de celui que nous avons analysé nous est fourni par les études faites par MARCHAL sur l'action des parasites des Hyponomeutes ou des Cecidomyies. Ici, l'hôte et ses principaux parasites n'ont qu'une génération par an; leurs cycles sont donc synchrones. Les parasites étudiés ne vivent que peu de temps et déposent très rapidement tous leurs œufs : hôte et parasites ont une biologie semblable.

Nous voyons une fois de plus que les instincts des Insectes ne jouent pas toujours pour les meilleurs besoins des espèces; utiles sous certaines conditions, ils deviennent au contraire franchement nuisibles sous d'autres.

VIII. — CONCLUSIONS.

L'*Habrobracon* se montre capable de vivre sous nos climats sans avoir à redouter les rigueurs de l'hiver. Il découvre aisément ses hôtes dans les emplacements les plus variés, même si ceux-ci se trouvent à l'obscurité, cachés par des obstacles divers et n'offrant qu'une face vulnérable très réduite.

L'*Habrobracon* présente, vis-à-vis de la Teigne, une puissance parasitaire fort élevée; il pond en effet beaucoup plus d'œufs que cette mineuse et se développe près de deux fois et demi plus rapidement qu'elle.

Sous certaines conditions d'élevage, nous avons reconnu que l'*Habrobracon* se montrait comme un parasite très actif, subjuguant rapidement la Teigne, même lorsqu'il s'est trouvé en grande infériorité numérique de début.

Dans la nature, la Teigne évolue normalement par générations chevauchantes; elle se présente sous tous ses stades pendant toute l'année et il n'est pas possible de délimiter pour elle des générations successives. Or, nous avons vu par étude et vérifié expérimentalement, que ces conditions d'évolution de la Teigne étaient justement celles permettant à l'*Habrobracon* d'agir le plus efficacement et de présenter une action frenatrice élevée. Il y a donc lieu de supposer que nous aurions dans cette espèce un des parasites des plus intéressants que l'on puisse espérer pour la Teigne dans les conditions de la nature; pratiquement nous ne rencontrons pas les conditions dans lesquelles l'action frénatrice de l'*Habrobracon* ne se montre qu'assez faible.

Celles-ci se réaliseraient si la Teigne venait à évoluer par générations groupées, à la suite, par exemple, de conditions climatiques très spéciales favorisant un petit groupe de mineuses de même âge et éliminant tous ceux le précédant ou le suivant. L'*Habrobracon* ne présenterait alors qu'une activité parasitaire réduite, et laisserait momentanément la Teigne se multiplier rapidement et ébaucher une invasion. Mais en peu de temps et malgré un retard apporté par l'*Habrobracon*, les générations de la Teigne deviendront chevauchantes. A ce moment, le parasitisme sera intense et, en peu de temps, la pullulation anormale de la Teigne sera enrayée.

Cette possibilité d'invasion sans action de l'*Habrobracon* au début, ne doit se réaliser que fort rarement dans la nature puisqu'elle exige des circonstances climatiques des plus exceptionnelles. Le plus souvent, en effet, les conditions favorables à la pullulation de la Teigne agiront sur plusieurs générations et non pas sur une seule, avec en même temps destruction de

toutes celles la précédant ou la suivant. Les générations de la Teigne se présentant ainsi chevauchantes dès le début, l'*Habrobracon* agira avec son activité maximum sans retard. Les invasions appartenant à ce type sont donc à peu près les seules qui semblent pouvoir se produire pour la Teigne; justement, ce sont celles qui peuvent être les plus facilement enrayés ou même prévenues par le parasitisme.

En résumé, l'*Habrobracon* serait un parasite de la Teigne intéressant sous un double rapport : il peut apporter une limitation continue de cette espèce dans sa pullulation courante et une diminution du nombre et surtout de l'amplitude des invasions qu'elle peut commettre à la suite de conditions climatiques favorables (1).

Naturellement, seule l'observation méthodique dans les champs pendant un certain nombre d'années consécutives en France, pourra nous permettre de préciser définitivement ces indications d'études et d'expériences préliminaires.

(1) D'une manière générale, l'utilité des Hyménoptères parasites ayant une biologie du type *Habrobracon Johannseni*, vis-à-vis d'une espèce phytophage du type de la Teigne des Pommes de terre, pourrait se ramener à deux actions. La première est une action frénatrice lente, continue sur la multiplication de l'hôte, ayant pour effet de diminuer les chances de formation des grosses invasions.

Mais des ruptures d'équilibre pourront encore se produire à la suite de conditions climatiques favorisant particulièrement l'évolution d'un petit groupe d'individus de l'hôte aux dépens des autres. A ce moment, le parasite ne peut plus jouer qu'un rôle très faible et le phytophage profite de ce répit pour croître en toute liberté pendant un certain temps. Après, l'invasion s'étant forcément étendue sur une période de temps assez longue, les parasites reviennent en scène et auront vite fait de maîtriser leur hôte. C'est là, la seconde action utile offerte par de tels parasites.

CHAPITRE TROISIÈME

UTILISATION EN FRANCE DE L'*HABROBRACON* TECHNIQUES D'ACCLIMATATION

L'acclimatation d'un Insecte dans un nouveau pays n'est, en général, possible que si on en libère les individus par grand nombre, surtout si l'espèce se dissémine assez facilement d'elle-même, pour la recherche de ses hôtes par exemple, ce qui semble être le cas pour l'*Habrobracon*. Une petite colonie disparaît souvent rapidement, les individus de sexes opposés ne parvenant plus à se rapprocher pour la fécondation (1).

L'étude des techniques d'élevage intensif de l'*Habrobracon* en captivité présente à ce point de vue une importance toute particulière, la réalisation de l'acclimatation en France de cette espèce en dépend pour une bonne part.

I. — INTRODUCTION EN FRANCE DE COLONIES D'ÉTUDE

Les premiers essais d'introduction furent faits en 1918 par M. MARCHAL à l'aide d'envois obligeamment adressés des Etats-Unis par M. L.-O. HOWARD, Chef du Bureau d'Entomologie du Département de l'Agriculture; ces envois, reçus à la Station Entomologique de Paris en décembre, furent immédiatement portés par Mme VUILLET à Menton, et remis à M. POUTIERS, Chef de l'Insectarium établi dans cette ville. Mais le nombre d'individus étant très faible, les conditions d'arrivée défectueuses et le moment de l'an-

(1) Pour les Entomophages chez lesquels la durée du cycle évolutif est beaucoup plus courte que la période de ponte et dont les femelles ont la possibilité de s'accoupler plusieurs fois au cours de leur existence, la parthénogénèse mâle exclusive présente peu d'inconvénients. Une femelle après un début de ponte parthénogénétique peut fort bien être fécondée par un de ses premiers descendants, et ainsi pondre dans la seconde partie de sa vie, des œufs des deux sexes. Une femelle vierge isolée arrive alors fort bien à fonder une colonie; SMITH, HOWARD et PICARD ont nettement établi le fait pour *Melittobia accasta* et *Schedius kurvanæ*. Il est toutefois nécessaire que les individus ne se dispersent pas rapidement dès leur éclosion; il n'en est malheureusement pas ainsi le plus souvent pour l'*Habrobracon johannseni*.

née peu favorable, cette première souche ne put se maintenir (1). Aussi de nouveaux envois furent-ils demandés. Ils eurent lieu pendant l'hiver 1920-1921 et portèrent sur des colonies plus importantes (2).

Comme celles des premiers essais, ces nouvelles colonies d'étude furent transmises à la Station, grâce à l'aimable et précieux concours de M. HOWARD, par lui et son collaborateur, M. HARRY SMITH. Tous les soins désirables furent apportés tant pour l'isolement de colonies pures exemptes d'hyperparasites, que pour leur acheminement en Europe dans les meilleures conditions de voyage (3).

Peu après leur arrivée à Paris, les insectes reçus furent répartis entre les Stations de Montpellier, de Menton et de Paris, par M. MARCHAL et sous sa direction les trois élevages ainsi constitués ont été respectivement confiés à M. PICARD, M. POUTIERS et à nous-même.

Le plus important d'entre eux fut placé à Montpellier. M. PICARD devant effectuer les études principales s'il n'eût été appelé peu après à d'autres fonctions. Les deux autres élevages n'avaient été créés qu'au titre de mesure de sécurité pour le cas où un accident amènerait la perte de la colonie principale. Cette précaution avait en même temps l'avantage de multiplier dès le début le nombre des observations et ainsi de permettre l'établissement rapide des meilleures règles de conduite du travail.

II. — ÉTABLISSEMENT DES TECHNIQUES D'ÉLEVAGE

Aussitôt l'installation à Paris de la petite colonie d'étude qui nous avait été remise, nous éprouvions de grosses difficultés pour la maintenir; malgré les soins apportés elle diminuait rapidement d'importance et, par moments même, d'une façon inquiétante. Nous avions là un indice de l'insuffisance de nos connaissances sur la biologie de l'*Habrobracon* pour un élevage de ce parasite et par conséquent pour son utilisation.

Devant cette phrase critique, M. MARCHAL pensa qu'il ne fallait pas hésiter à entreprendre sans retard des études biologiques approfondies et que, de la rapidité avec laquelle celles-ci seraient effectuées, dépendait le sort des recherches en cours.

Malgré les risques de l'essai, les quatre couples qui seuls nous restaient encore, furent isolés et élevés séparément dans des cellules de verre.

Des cocons de Teigne spécialement préparés leur furent présentés chaque

(1) MARCHAL. (Voir index).

(2) MARCHAL. (Voir index).

(3) Les envois furent préparés avec un soin remarquable sous la direction de M. HARRY SMITH, à l'Insectarium de Riverside (Californie). Les larves de l'*Habrobracon* aussitôt parvenues au terme de leur croissance étaient déposées dans des tubes en verre, elles ne tardaient pas à construire leurs cocons et ainsi à s'isoler les unes des autres; toute meurtrissure sous l'action des chocs de transport était ainsi évitée. Le procédé éliminait en même temps les très grandes difficultés qu'eussent occasionnées les nécessités d'un approvisionnement en cours de voyage, et les risques de mortalité par envahissement de moisissures, par la dessiccation ou par la famine. Le transport en bateau s'effectua en cales froides.

jour, et dès qu'ils avaient reçu des pontes, ils étaient immédiatement retirés, puis faisaient chacun l'objet d'un petit élevage isolé.

Observant ainsi commodément, pouvant expérimenter facilement et d'une façon presque continue, nous arrivions en peu de jours à acquérir de précieuses données sur la façon d'obtenir des cocons très vulnérables et d'éviter le surparasitisme, l'importance primordiale de ces deux facteurs venant entre autre d'être révélée (1). Peu à peu, au fur et à mesure que les autres caractères biologiques se précisèrent, nous perfectionnions les techniques d'élevages suivies et rapidement nous étions à même d'obtenir sans difficultés un grand nombre de descendants pour chacun des couples observés.

Toute menace d'extinction de la colonie était écartée et même une multiplication active débutait. Possédant les données biologiques nécessaires, nous constituions sans retard de nouveaux modèles de cages d'élevage adaptées cette fois aux besoins biologiques des *Habrobracon* et de la Teigne. Les principales modifications portèrent surtout dans l'aménagement à l'intérieur des cages de parties spécialement réservées les unes à la Teigne, les autres à l'*Habrobracon*, les exigences biologiques des deux espèces ayant été reconnues incompatibles entre elles. De plus, les pommes de terre furent placées sur des claies superposées et les cocons de Teigne concentrés en certains points déterminés des cages. Un tel dispositif permettait un renouvellement facile des tubercules, évitait leur envahissement par les moisissures, augmentait la vulnérabilité des cocons et accroissait de beaucoup le rendement de l'élevage. Notre élevage se maintint aisément dans les nouvelles cages et commença à prospérer peu après son installation. Au fur et à mesure de la poursuite des études biologiques, de nombreux perfectionnements portant sur des détails purent lui être apportés; quatre mois après, sa mise au point se trouvait être en grande partie achevée, et plusieurs centaines d'*Habrobracon* éclosaient chaque semaine.

Ce dispositif d'élevage se trouvant être celui préconisé pour les travaux d'acclimatation de l'*Habrobracon*, nous reviendrons ultérieurement sur sa description détaillée. (Voir p. 92.)

L'élevage par couples isolés nous ayant donné pleine satisfaction pour les recherches de début, nous ne saurions trop en conseiller l'emploi dans des cas analogues. A titre complémentaire, nous indiquerons rapidement les techniques suivies.

Les couples étaient placés dans des tubes de verre assez longs, fermés au moyen de parois de mousseline et pourvus intérieurement d'un peu de mousse maintenue humide par des pulvérisations fréquentes.

Un élevage de la Teigne conduit en étuve à la température de 35° environ fournissait les chenilles en grand nombre; capturées avec un paquet d'ouate servant de piège, ces chenilles étaient extraites journellement puis mises aussitôt à chrysalider dans de petites boîtes en cellulose, maintenues à l'obscurité et munies d'un fond mobile recouvert d'une feuille de papier saupoudrée de sciure de bois. En vingt-quatre heures, les

(1) Nous reconnaissons ainsi que les insuccès de début étaient dus à l'invulnérabilité de la majorité des cocons et au jeu du surparasitisme. Ces deux facteurs s'étaient trouvés être éliminés naturellement lors de la conduite des élevages par couples isolés. Aussi ne saurait-on trop insister sur l'avantage que l'on peut retirer d'élevages individuels avec isolement et surveillance des pontes.

cocons étaient filés; il suffisait alors d'enlever la feuille de papier les portant pour obtenir des chenilles parfaitement vulnérables, isolables les unes des autres et se prêtant ainsi au mieux à toutes les exigences de l'expérimentation. Après un repos de douze heures environ, les cocons étaient offerts aux *Habrobracon* à raison de quatre à cinq par couple et par jour; lorsque leur nombre devenait insuffisant, les pontes étaient surveillées pour empêcher le surparasitisme de se produire.

Grâce à l'emploi d'étuves transparentes à température variable, nous arrivions par accélération ou par ralentissement de la vitesse de développement et de la rapidité des pontes, à proportionner l'activité des parasites avec les disponibilités journalières en chenilles de la Teigne.

III. — RECHERCHES SUR L'INSTALLATION D'ÉLEVAGES POUR L'ACCLIMATATION

Nos premières recherches au laboratoire ayant réussi, M. MARCHAL pensa qu'il était utile de passer immédiatement à l'étude des installations d'élevages définitifs à constituer dans les régions mêmes où la Teigne serait à combattre. En opérant ainsi, nous nous conservions en outre la possibilité d'entreprendre sans retard un essai d'acclimatation, dans le cas où une nécessité immédiate viendrait à être reconnue; les recherches alors en cours sur la Teigne devaient nous fixer à cet égard.

M. VAYSSIÈRE se rendit dans le département du Var en juin 1921, et grâce aux facilités apportées par M. le Professeur CH. RICHET, un élevage put être installé à ce moment à Carqueiranne. Il fut constitué avec la totalité de ceux de Montpellier et une partie de ceux de Menton et de Paris; même les *Habrobracon* apportés étant en assez grand nombre, plusieurs libérations d'étude purent avoir lieu aussitôt dans les cultures; elles furent effectuées par les soins de M. TSCHAEN.

La conduite du nouvel élevage ne pouvant être remise à l'un de nous, en raison de l'éloignement des différentes Stations Entomologiques, nous avons dû la confier entièrement aux soins de divers collaborateurs habitant dans la région même; successivement MM. SUIRE, TSCHAEN, MALBURET et JAHANDIEZ en furent chargés.

Les élevages de Paris et de Menton furent conservés comme garantie en cas d'accident; ils devaient aussi fournir de nouveaux apports à celui de Carqueiranne encore à ses débuts.

Comme en même temps diverses études biologiques importantes nous restaient à effectuer pour achever de préciser la valeur parasitaire de l'*Habrobracon*, puis les possibilités d'utilisation de l'espèce en France, nous substituons aux dispositifs employés de nouveaux permettant une multiplication plus intense et une expérimentation délicate (Élevages à phases biologiques séparées.)

Dès ses débuts, l'élevage de Carqueiranne se vit soumis à des graves difficultés l'empêchant de prospérer, difficultés dues à des conditions locales désavantageuses pour la surveillance et accrues par la complexité des phé-

nomènes biologiques envisagés. Les études étaient rendues peu possibles, l'éloignement de toute station s'opposant à de fréquentes visites.

D'importantes précisions sur les techniques à suivre furent pourtant assez rapidement obtenues; elles se rattachaient principalement à l'aménagement des pièces et à la façon d'éviter de dangereux contre temps tels que ceux causés par des invasions de Fourmis prédatrices, par un éclairage déféctueux, ou par la tendance de parasitisme à devenir saccadé et irrégulier lorsque l'espèce hôte commence à se raréfier (1).

Nous avons aussi commencé l'étude d'un élevage direct dans des pièces servant de vastes cages, et qui, étant quasi naturel, devait permettre une production continue des *Habrobracon*, c'est-à-dire assurer une dispersion dans une région tout en n'exigeant qu'une surveillance très minime.

Sans entrer dans les détails des élevages à phases biologiques séparées et de ceux conduits directement dans des pièces, nous rappellerons brièvement leurs principes essentiels, leur connaissance pouvant en être utile.

ELEVAGE A PHASES BIOLOGIQUES SÉPARÉES. — Ce type ne doit être envisagé que pour des essais de dispersion effectués en grand. Il peut alors se montrer fort avantageux en raison de sa sécurité de rendement et de sa commodité d'emploi pour des libérations conduites méthodiquement. Nous l'avons utilisé avec satisfaction pour nos études biologiques les plus délicates, celles portant sur la longévité des femelles, la distribution des pontes et des suctions alimentaires dans le temps, les modalités de ponte et d'alimentation des femelles, les variations de durée du cycle évolutif avec la température, la polyphagie expérimentale.

Des cages avaient été spécialisées pour les stades évolutifs suivants de la Teigne : Ponte, développement larvaire, tissage des cocons, repos prenymphal, éclosion des papillons; l'*Habrobracon* ne comprenait que trois cages d'élevages : l'une pour les femelles pondeuses, une autre pour le développement larvaire et la troisième pour les éclosions et les accouplements des adultes; le seul rapport entre les deux séries d'élevages consistait dans le transport journalier des cocons de la Teigne de la cage réservée au repos prenymphal vers celle contenant les *Habrobracon* adultes.

L'opération était facilitée par l'emploi de cocons de Teigne construits dans de la sciure de bois et fixés sur des feuilles de papier. Une feuille de vingt centimètres carrés environ portait aisément de cinquante à cent cocons de Teigne, elle représentait à peu près la production journalière totale de l'élevage.

En dehors d'une très grande commodité d'emploi, le procédé de la séparation des phases biologiques avait l'avantage de fournir toujours des cocons parfaitement vulnérables, point fort important pour le contrôle et la surveillance de l'élevage général.

Lorsque les cocons placés dans la cage réservée aux parasites venaient à être renouvelés, les *Habrobracon* quittaient naturellement les hôtes déposés la veille et venaient très rapidement se concentrer sur les nouveaux offerts. Le phénomène était assez curieux et bien des fois nous nous sommes plus à l'observer. Le surparasitisme n'était nullement à craindre, les femelles se répartissant d'elles-mêmes très régulièrement entre tous les cocons présentés. Il ne pouvait apparaître qu'en cas de pénurie d'hôtes, mais il était alors facile de le prévenir en enlevant les cocons aussitôt le dépôt des premières pontes.

Pour envoyer les *Habrobracon* à Carqueiranne nous nous bornions à expédier les feuilles couvertes de cocons parasités. A l'arrivée, celles-ci étaient mises dans les cages et les insectes y éclosaient normalement.

Toutes les difficultés provoquées par une capture et un transport d'insectes adultes par les chaudes journées d'été se trouvaient ainsi totalement évitées. En examinant les feuilles de papier après les éclosions, on pouvait remarquer que leurs faces inférieures

(1) Voir p. 79.

étaient criblées de petits trous ronds; chacun correspondait à l'éclosion d'un *Habrobracon*. Aussi, suffisait-il d'estimer le nombre de ces trous d'éclosion pour se rendre compte très rapidement du nombre d'adultes apportés par les feuilles.

Les feuilles de papier permettent une facile dispersion méthodique de l'*Habrobracon* dans les champs, il suffit par exemple de les enfermer par paquets dans un petit sac en tarlatane placé sous un abri au voisinage des champs. Les *Habrobracon* s'en échappent régulièrement au fur et à mesure de leur éclosion, les papillons de Teigne ne pouvant passer par les mailles de la tarlatane, restent prisonniers.

ELEVAGE DIRECT DANS DES PIÈCES. — Il fut étudié à Carqueiranne dans une pièce dont la porte et la fenêtre avaient été doublées par deux tambours en mousseline, le premier, le plus important, comportait une double entrée; le second, plus léger au contraire, était formé de mousseline très transparente et ne présentait qu'une porte. De grandes claies grillagées, mobiles, superposées les unes au-dessus des autres à une distance de quinze centimètres environ et placées dans les parties les plus obscures, servaient de support soit pour les tubercules, soit pour de grandes feuilles couvertes de mousse et de sciure sur lesquelles les chenilles venaient filer leurs cocons.

Le dispositif général étant ainsi le même que celui déjà établi pour les petites cages et qui nous avait donné alors pleine satisfaction. La possibilité d'un élevage direct dans une pièce, nous avait été suggéré par l'observation du mode de vie de l'*Ephestia* et de ses parasites dans les minoteries. Nous avons été frappés à plusieurs reprises de voir l'aisance avec laquelle les parasites de l'*Ephestia* se multiplient dans les locaux parfaitement clos; ils s'accouplent derrière les fenêtres, les mâles y restent en permanence alors que les femelles retournent rapidement pour pondre vers les sacs de déchets et dans les encognures d'appareils là où se trouvent les cocons de l'*Ephestia*.

Peu après l'installation de premiers lits de tubercules attaqués sur de grandes claies et la libération d'une cinquantaine d'*Habrobracon* environ, nous avons pu observer que les *Habrobracon* se dirigeaient très aisément vers le tambour protégeant la fenêtre et s'y accouplaient lorsqu'un rayon de soleil venait à l'éclairer vivement. Les femelles revenaient après vers les tubercules ou vers les feuilles de papier recouvertes de sciure, les explo-raient et pondaient normalement sur les cocons qu'elles y rencontraient. L'élevage débuta bien et semblait devoir prospérer comme nous l'avions supposé. Mais il était difficile d'exercer une surveillance de début assez suivie, le local se trouvant très éloigné. Les pièces fermant mal, des fourmis prédatrices les envahirent peu à peu et s'y installèrent en une véritable fourmilière; *Habrobracon* et Teigne furent alors sournoisement décimés et la prospérité de début s'arrêta. Comme il nous était impossible de changer les conditions d'études, l'essai fut différé. Nous pensons pourtant qu'il mériterait d'être repris méthodiquement; nous ne lui avons trouvé aucun défaut important et des premiers débuts encourageants nous indiquaient qu'une mise au point pourrait être obtenue assez promptement.

L'élevage direct dans des pièces nous paraît devoir être avantageux pour la création de foyers permanents de maintien et de dissémination de l'*Habrobracon* dans une région. On pourrait prévoir devant les fenêtres un dispositif en mousseline à mailles suffisamment larges laissant passer les *Habrobracon* tout en retenant les Teignes prisonnières qui permettrait une dispersion naturelle continue des parasites. Les soins à apporter consisteraient surtout dans un renouvellement méthodique des tubercules, et dans la surveillance de la marche générale de l'élevage, marche qui pourrait être régularisée en modifiant la proportion des *Habrobracon* retenus prisonniers et de ceux laissés échapper au dehors.

Si l'on désire effectuer des libérations dans des champs éloignés on pourrait fort bien utiliser les feuilles de papier chargées de cocons en les enfermant dans des sacs de tarlatane suivant le dispositif indiqué précédemment, ou encore capturer les adultes sur le tambour protégeant la fenêtre par des dispositifs analogues à ceux utilisés dans le même but sur les petites cages mais plus grands; on remplacera par exemple l'éprouvette par une cagette et l'entonnoir par un gros cylindre de celluloid contenant une membrane de tarlatane formant crible pour les *Habrobracon* (1).

(1) Nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails des aménagements; ceux-ci sont réunis dans les archives de la Station entomologique de Paris. Une série de photographies des dispositifs employés les accompagnent.

IV. — MOMENT OPPORTUN POUR UNE ACCLIMATATION DE L'HABROBRACON EN FRANCE.

Nos recherches effectuées dans le midi de la France indiquent qu'actuellement la Teigne est entrée dans une période de régression importante; sa faible abondance ne semble pas nécessiter présentement les frais assez considérables d'une acclimatation de parasites; elle indique même certains aleas de réussite.

La recrudescence rapide des dégâts commis par la Teigne est une éventualité fort probable mais dont le moment d'apparition est impossible à prévoir. L'équilibre actuel réalisé entre la pullulation de la Teigne et le milieu est assez stable; il ne suffirait pourtant que d'une introduction de la Teigne dans de nouvelles régions pour le rompre et le déplacer rapidement vers une nouvelle position beaucoup plus désavantageuse pour nous.

La connaissance de la valeur frénatrice de l'*Habrobracon* vis-à-vis de la Teigne, des possibilités d'introduction et d'utilisation de ce parasite en France et des techniques permettant sa multiplication rapide en captivité, nous met à même d'utiliser contre la Teigne la lutte biologique dans d'assez brefs délais. Les longs retards dus aux recherches préliminaires, aux études préparatoires et l'incertitude régnant au début des travaux sur la nature des conclusions auxquelles on peut aboutir, se trouvent être ainsi éliminés.

Pourtant, malgré cette première réduction importante, des délais encore longs subsistent entre le moment de l'établissement d'une lutte biologique et celui d'apparition de premiers résultats importants. Comme l'a très justement fait remarquer THOMPSON, l'action frénatrice maximum apportée par des Entomophages récemment importés n'est le plus souvent disponible qu'à longue échéance; une nécessité de multiplication intensive et de dissémination naturelle préalable avant tout début d'activité importante en étant la cause. Le retard est encore plus grand lorsque l'espèce hôte se trouvant être établie depuis un certain temps, se montre très abondamment dispersée. Les libérations de parasites sont presque toujours très faibles comme importance par rapport à la quantité des hôtes, surtout que le temps nécessaire à leur préparation (recherche, importation et élevage des espèces) se montre toujours assez long. Il permet en général à l'hôte de prendre une grande avance de pullulation, et retarde ainsi énormément le moment de sa subjugation par le parasite.

Dans la majorité des cas, il nous est impossible d'éviter ou même de réduire cette seconde catégorie de délais, car elle correspond à des facteurs biologiques sur lesquels nous avons peu d'action.

Toutefois pour la Teigne, insecte à ses débuts d'invasion, encore peu abondant et devant vraisemblablement rester sous cet état pendant un certain temps, nous avons une possibilité toute particulière, risquée il est vrai, de les éviter ou mieux de les prévenir.

Acclimatant, par exemple, l'*Habrobracon* en France dès maintenant,

nous laissons le temps nécessaire à sa multiplication et sa dissémination naturelle s'écouler avant une période de besoins importants. A ce moment, l'espèce normalement établie eut pu entrer en action immédiatement sans aucun retard et présenter dès les débuts son activité maximum. La Teigne, ainsi limitée dans sa multiplication à l'origine de son mouvement ascensionnel, eût atteint un taux de pullulation beaucoup moins important, et les grands dégâts dont les débuts de recrudescence de tout insecte nuisible sont presque toujours suivis, auraient été pour elle très appréciablement atténués.

Au premier abord, l'assez grande rareté actuelle de la Teigne paraît assez peu favorable à un établissement de l'*Habrobracon* en France. Il y a là un aléas que l'on ne peut méconnaître. Mais en examinant la question en détail, nous voyons pourtant que sa faculté de polyphagie occasionnelle, laisse attribuer à l'*Habrobracon* une possibilité de maintien facile dans la nature alors même que son hôte principal, la Teigne, viendrait à faire défaut temporairement ou à se présenter sous des conditions d'évolution défavorables au parasitisme.

L'évolution de l'*Habrobracon* dans la nature semble très bien pouvoir être mixte, c'est-à-dire porter à la fois, bien qu'en proportions variables, sur les chenilles de la Teigne vivant aux dépens des Solanés sauvages ou cultivées, et à la fois sur les chenilles d'autres espèces évoluant sur des plantes diverses. Un changement d'hôte, régulier, périodique, ou seulement occasionnel eut pu assurer le maintien de l'*Habrobracon* lors de la rareté de la Teigne comme il semble permettre celui des parasites de beaucoup de Phytophages indigènes soumis à des grandes fluctuations numériques. Les divers Liparis, les Hyponomeutes, les Piérides ne se montrent nuisibles que périodiquement, et entre deux invasions leurs individus demeurent fort rares. Leurs parasites se maintiennent pourtant bien dans ces conditions apparemment peu favorables à cet égard, et jouent constamment un rôle utile de premier ordre.

Ne doit-on pas d'ailleurs remarquer qu'en Californie la Teigne n'est guère plus abondante qu'elle ne l'est en France actuellement, et qu'elle s'y trouve tout aussi contrariée dans son cycle évolutif annuel par les façons culturales auxquelles la pomme de terre est soumise. Ses parasites parviennent fort bien à se maintenir et présentent toujours une action appréciable.

La Polyphagie de l'*Habrobracon* ne jouerait-elle pas déjà un rôle considérable dans l'activité de cette espèce en Californie? Des précisions plus complètes à cet égard eussent présenté pour nos études un intérêt considérable. (Voir à ce propos nos remarques p. 99.) (1.)

Un essai d'acclimatation de l'*Habrobracon* effectué dès à présent se mon-

(1) Les deux parasites importants de la Teigne aux Iles Hawaï, sont aussi polyphages. D'après FULLEWAY, ils se rencontreraient fréquemment sur de nombreuses petites mineuses vivant sur différentes plantes sauvages. La polyphagie assez large semble être un caractère fort général chez tous les parasites reconnus actifs contre la Teigne.

trait donc avantageux; biologiquement il apparaissait comme possible; aussi, disposant de colonies, avons-nous pensé qu'il serait intéressant de le tenter même en petit. Les aléas de réussite encourus et l'échéance éloignée de ses résultats les plus importants, ne permettaient pas d'envisager une installation complète nécessairement assez onéreuse. Les travaux ne furent donc entrepris que sur une échelle réduite, juste en poursuivant nos petits élevages d'étude installés à Carqueiranne; pour leur conduite nous eûmes encore recours à la très grande obligeance de M. JAHANDIEZ.

En septembre 1922, la production des *Habrobracon* étant assez considérable, diverses libérations portant sur plusieurs centaines d'individus furent effectuées. Une colonie assez abondante fut seulement conservée comme souche pour la continuation des élevages. Comme nous opérons à l'automne nous avons pensé que les meilleures conditions d'essai se trouvaient réunies sur le territoire de la commune de Bormes. Les champs de Pommes de terre ne s'y montrent pas très rares l'été et sont, en général, peu éloignés des habitations; les tubercules étant encore en majorité conservés sur place pour la consommation locale, les chenilles de Teigne se rencontrent pendant toute l'année. Souvent aussi des terrains incultes avoisinent les champs cultivés, condition également favorable pour les travaux. M. SAGOT-LESAGE eut la grande amabilité de se charger d'effectuer les libérations dans les celliers et de choisir à ce propos avec un soin tout particulier les emplacements se montrant les plus propices.

Les premiers foyers créés devaient être méthodiquement renforcés par de nouvelles libérations plus importantes effectuées au cours de l'année suivante. Mais il fut bientôt reconnu que dans les conditions de plus en plus précaires dans lesquelles nous opérons, il n'était pas possible d'obtenir une production d'*Habrobracon* importante, régulière et surtout assurée.

L'expérience d'essais antérieurs faits sur d'autres phytophages avec des parasites se disséminant rapidement comme l'*Habrobracon*, montre que les acclimations ne réussissent en général qu'autant que les individus aient été libérés par masses importantes. Ne pouvant espérer arriver à ce résultat, nous avons pensé que les chances de succès devenaient des plus incertaines et, qu'en conséquence, l'essai ne méritait pas d'être poursuivi.

Si, à la suite des lâchers effectués des premières colonies ont pu s'établir, il semble qu'elles doivent être trop faibles pour que l'on puisse escompter leur persistance; les individus étant peu nombreux et se dispersant vite, au bout de peu de temps les sexes arriveront difficilement à se rapprocher et une extinction de l'espèce s'en suivra. Il semble donc sage de ne pas tabler sur les résultats de ces premières libérations et de ne pas considérer l'acclimation de l'*Habrobracon* comme réalisée, à moins toutefois qu'un hasard pourtant bien inespéré ne nous ménage pour plus tard une intéressante surprise.

V. — INDICATIONS PRATIQUES GÉNÉRALES EN VUE DE L'ACCLIMATATION ET DE L'UTILISATION DE L'*HABROBRACON JOHANNSENI* EN FRANCE.

Organisation générale des travaux d'acclimatation. — L'*Habrobracon* n'aura de chances de s'établir dans une nouvelle région que si des individus sont libérés au début en grand nombre, d'une façon répétée et régulière et pendant une période de temps assez longue. Les résultats d'expériences antérieures effectuées sur d'autres parasites à dissémination rapide sont impératifs à cet égard.

Des importations directes, massives, étant toujours très onéreuses, on leur préférera des élevages artificiels sur place.

Pour avoir les plus grandes chances de succès, les travaux doivent être effectués dans une localité même du foyer où l'invasion de *Teigne* est à combattre, grâce à l'installation temporaire d'une station d'étude où l'un travailleur du service serait spécialisé.

Pièces pour les élevages. — Une pièce devra être réservée pour les élevages; ses dimensions importent peu, mais au contraire son orientation est primordiale car il est indispensable qu'une fenêtre reçoive le soleil pendant la majeure partie de la journée. L'humidification intérieure obtenue artificiellement est utile. L'aération est très importante, il est prudent de la prévoir dès l'aménagement en doublant intérieurement les fenêtres et les portes de grands panneaux de mousseline fine (1).

Il est aussi très utile de donner à la fenêtre avec des feuilles de papier noir, une forme d'ogive à sommet situé à deux mètres environ au-dessus du niveau du sol. Les insectes échappés des cages, attirés par la lumière, se concentrent rapidement en ce point; il est très aisé de les capturer en peu de temps avec un tube de verre et un pinceau. On ne saurait trop insister sur l'utilité de cette précaution d'aménagement, des accidents arrivant fréquemment aux cages d'élevages pendant les travaux.

Les cages d'élevages seront installées devant une fenêtre ensoleillée sur une grande table suffisamment haute pour permettre une surveillance aisée.

Cages d'élevage. — On adoptera les élevages du type mixte, c'est-à-dire ceux dans lesquels la *Teigne* et l'*Habrobracon* vivent concurremment dans les mêmes cages. La multiplication des deux espèces s'y effectue quasi automatiquement sans demander de longs soins journaliers indispensables (2).

(1) Pour les fenêtres s'ouvrant intérieurement, on utilisera un tambour en mousseline.

(2) Nous préconisons ici l'élevage mixte, de préférence aux divers autres types étudiés en même temps, parce qu'il est des plus commode, que son rendement est sûr et que sa conduite n'est pas délicate. Une de ses variantes, l'élevage sur claies dans des pièces, eût pu se montrer encore plus avantageux et plus économique, mais nous ne pouvons l'indiquer ici, sa mise au point étant demeurée inachevée. Si toutefois les travaux étaient envisagés avec une certaine ampleur, l'élevage en cages séparées pourrait devenir fort intéressant. Il est encore plus productif que l'élevage mixte, plus sûr et même se montrerait facilement industrialisable. Sa conduite étant exigeante et parfois assez délicate, nous n'osons le préconiser pour des essais d'importance limitée.

Dispositifs d'élevages; Cages mixtes.

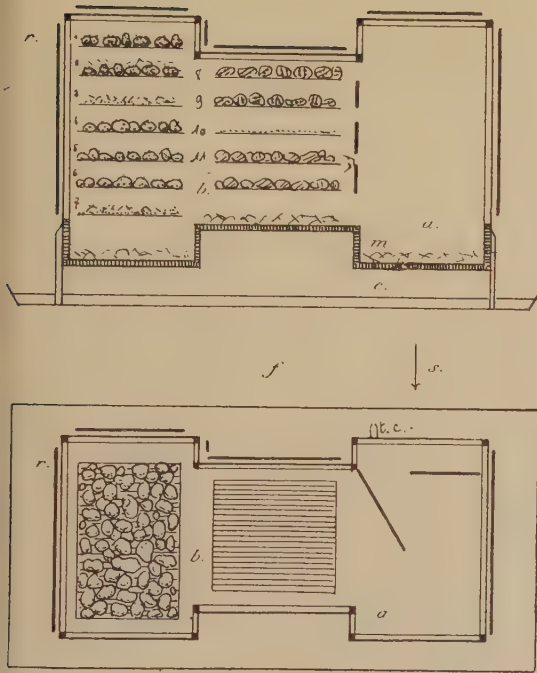


Fig. 29. — Modèle de cage d'élevage de l'*Habrobracon* utilisé à Paris. (Représenté en photographie sous une de ses formes de début, sur la fig. 2 de la Planche III.

La cage est formée par des cadres de bois entourés de mousseline et de vitres.

A. — Elévation.

B. — Plan.

C. — Détail de l'appareil de capture.

b. Partie rendue obscure par des rideaux opaques mobiles; elle contient des étagères portant les tubercules de pomme de terre.

tc. Tube de capture.

a. Partie éclairée.

f. Emplacement de la fenêtre.

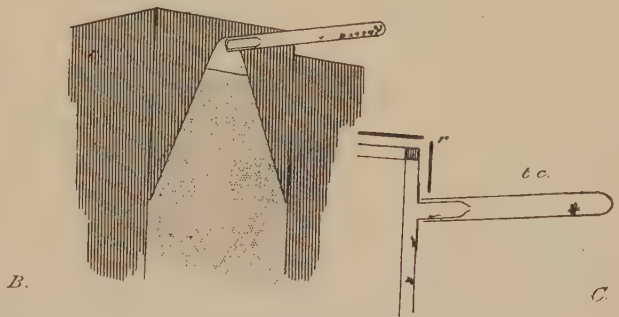
s. Direction de la lumière solaire.

m. Mousse.

c. Cuve contenant de l'eau.



Fig. 30. — Tubercule présentant des entailles afin de faciliter dans les élevages la pénétration des jeunes chenilles de la Teigne.



La Teigne et l'*Habrobracon* ayant des exigences biologiques opposées, les cages seront divisées en deux compartiments, chacun étant aménagé pour les besoins de l'un ou de l'autre insecte.

Les meilleures sont constituées par de simples châssis en bois entourés latéralement d'une paroi de mousseline fine et présentant de côté des trappes verticales en verre ou de petites manches en mousseline.

Les deux compartiments sont inégaux, le plus grand est réservé à la Teigne : il est maintenu dans une obscurité assez profonde par des rideaux

opaques mobiles placés sur la majorité des faces en verre ou en mousseline et à une certaine distance d'elles. Ces rideaux ne gênent pas l'aération; ils se montrent facilement déplaçables lorsqu'une manipulation demande l'éclaircissement intérieur des cages. Les tubercules sont, ou bien posés sur des claies horizontales mobiles superposées les unes au-dessus des autres, ou bien sont suspendus verticalement en chapelets. Dans le premier cas, toutes les trois ou quatre étagères on aura soin de disposer une feuille de papier mince recouverte de mousse et d'une fine couche de sciure. Les chenilles s'y réfugient en majorité et y construisent des cocons vulnérables. Ceux-ci étant ainsi concentrés en des points bien déterminés, le contrôle de l'élevage devient facile et le renouvellement des tubercules peut être effectué sans craintes de destructions accidentelles d'œufs, de larves ou de nymphes de l'*Habrobracon*. (Voir fig. 29.)

Le second compartiment de la cage, le plus petit, ne présente pas de rideaux opaques; une de ses faces est exposée au soleil. Réservé aux *Habrobracon*, il ne contient pour tout aménagement intérieur que de petits paquets de mousse humidifiables de temps à autre par des pulvérisations d'eau pure.

Les deux compartiments communiquent largement entre eux par des ouvertures disposées en chicanes et placées de telle façon que le soleil baignant l'un n'atteigne pas les tubercules situés dans l'autre.

Les manipulations courantes s'effectuent au moyen de petites mouches de mousseline pouvant se fermer après usage avec des pinces, ou mieux en utilisant de petites trappes latérales en verre. De plus grandes trappes verticales également de verre permettent une surveillance aisée de l'intérieur et servent de temps à autre pour des manipulations occasionnelles importantes telles celles visant à la modification d'aménagement à la suite de recherches nouvelles.

Dans les cages d'élevage dites mixtes, les *Habrobracon* se dirigent d'eux-mêmes, aussitôt leur éclosion, vers les parois de mousseline ensoleillées. Les mâles y restent en permanence et s'accouplent avec les femelles de passage; celles-ci, au contraire, fécondées ou non, retournent toujours peu après leur arrivée vers les cocons de Teigne. Ceux-ci sont très bien trouvés quelle que soit l'obscurité dans laquelle ils peuvent se trouver et les difficultés apparentes de leur accès : il n'y a aucune crainte à avoir à cet égard; la mousse et la sciure de bois forment un des supports des cocons permettant aux *Habrobracon* une circulation des plus facile aussi on ne saurait trop en recommander l'emploi.

Début des élevages. — Dès que l'aménagement de la pièce d'élevage sera un peu avancé, on procédera sans retard à l'installation d'un élevage de la Teigne dans une cage mixte; car il est nécessaire qu'au moment de leur arrivée d'Amérique les *Habrobracon* disposent de chenilles par quan-

Dispositifs d'élevage; Cages mixtes (suite).

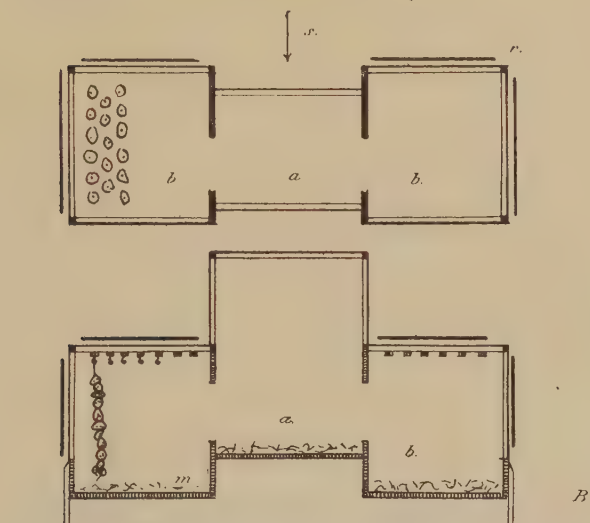


Fig. 31. — Autre modèle de cage d'élevage de l'*Habrobracon* (utilisé à Carqueiranne — représenté en photographie pl. IV, fig. 1).

A. Plan.

B. Elevation.

b. Compartiments maintenus à l'obscurité par les rideaux opaques, r. Ils contiennent des tubercules suspendus en chapelets.

s. Direction de la lumière solaire.

a. Compartiment éclairé

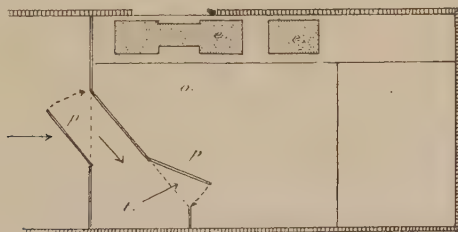


Fig. 32. — Plan de la pièce aménagée à Carqueiranne pour les élevages de l'*Habrobracon*.

f) Fenêtre. (Doublée de mousseline pour permettre l'aération).

c) Cages d'élevages placées sur une table.

p) Portes.

t) Tambour d'entrée construit en mousseline et rendu opaque par un revêtement de papier noir.

Une photographie de l'intérieur de cette pièce est donnée Pl. IV, fig. 1.

tités assez considérables et régulièrement distribuées, condition indispensable pour leur multiplication rapide.

Dès le début, on établira un plan de renouvellement méthodique des tubercules; on le suivra avec soin. C'est un des meilleurs moyens pour obtenir une production en chenilles régulière et abondante, c'est-à-dire pour maintenir l'évolution de la Teigne par générations chevauchantes. Il sera prudent de réserver dans une cage quelconque un petit élevage pur

de la Teigne; pouvant être accéléré par la chaleur, il permettra toujours de renforcer rapidement les élevages principaux dans les périodes difficiles.

Si au moment de la libération dans les cages des *Habrobracon* arrivés d'Amérique, le soleil ne brille pas, il y aura lieu de les éclairer très fortement avec une lumière artificielle intense. Les accouplements, phase biologique n'ayant pas eu lieu pendant le transport en raison de l'obscurité et de la température fraîche, seront provoqués et les dangers d'une parthénogénèse mâle exclusive, évités.

Soins à donner aux élevages. — Ils consisteront en un renouvellement méthodique des tubercules, et dans une surveillance attentive de la marche des interactions parasitaires : vulnérabilité des cocons, surparasitisme, abondance des chenilles de la Teigne, régularité de la production. Il est très important de prévoir un fléchissement de l'élevage des Teignes afin de le prévenir (on peut s'en rendre compte par une surveillance des éclosions des papillons) (1).

Un coup d'œil rapide donné de temps à autre permettra de s'assurer de ces divers faits et de reconnaître les moments où une intervention serait utile; l'habitude s'en acquiert vite. On peut estimer que les soins ne doivent exiger guère plus de cinq à six heures par semaine; souvent ils demanderont moins de temps surtout lorsque l'élevage fonctionnera normalement. Ils n'ont pas besoin d'être journaliers et peuvent sans inconvénients être interrompus pendant deux ou trois jours consécutifs et même occasionnellement pendant cinq à six.

La présence de mâles en grand nombre indique des conditions d'élevage défectueuses; aussi ses causes demanderont-elles toujours à être examinées avec un très grand soin et dans les plus brefs délais. En cas de difficultés il y aura avantage à reprendre sans retard des élevages partiels par petits groupes selon les procédés indiqués précédemment pour reconnaître la cause des contretemps éprouvés. Une petite étuve électrique par exemple, rendra alors de très utiles services. Si occasionnellement les *Habrobracon* se montrent en très grande abondance par rapport aux chenilles, il ne faudra jamais hésiter à les prélever aussitôt en grand nombre pour des lâchers. Sans cette précaution, le surparasitisme réduirait très rapidement le taux de pullulation de la Teigne et celui de l'*Habrobracon*; la prospérité de l'élevage se trouverait compromise pour un temps assez long et les résultats de travaux antérieurs être annulés en quelques jours sans avoir été l'objet d'aucune utilisation.

Une des principales difficultés de l'élevage consiste à empêcher la lutte parasitaire de présenter une forme saccadée et irrégulière avec alternances sans aucune concordance de périodes de surabondance ou de manque total

(1) En cas d'invasion par les Fourmis, on placera les pieds des cages dans des bassins remplis d'eau. Il y aura aussi lieu de se méfier des Souris; celles-ci parfois viennent ronger l'épiderme des pommes de terre servant pour les élevages.

soit d'*Habrobracon*, soit de chenilles. Cette forme tend fréquemment à se produire dans les élevages en captivité; elle devient alors des plus funeste car elle arrête toute multiplication de l'*Habrobracon* et compromet tout plan de travail (1). On ne peut l'éviter que par un renouvellement très méthodique des tubercules et une surveillance suivie des rapports d'abondance entre l'*Habrobracon* et la Teigne.

Capture des *Habrobracon*. — On peut utiliser à cet effet la propriété des adultes de se concentrer rapidement à la partie supérieure des parois transparentes ensoleillées.

Sur une face des cages exposée au soleil et à son extérieur, on dispose un appareil formé d'un petit entonnoir de verre raccordé avec la mous-seline par une plaque de celluloïde; la partie évasée de l'entonnoir s'ouvre dans la cage alors que celle effilée débouche à l'intérieur d'une longue éprouvette en verre mobile mais maintenue horizontale par un support en fil de fer. Un écran en papier noir en forme de V renversé dirige les insectes vers l'appareil; ils s'accumulent dans l'éprouvette et il suffit de retirer celle-ci pour les isoler. Entre deux opérations, l'entonnoir de capture est fermé avec une boulette de cire molle placée extérieurement. Une forte lampe peut remplacer la lumière solaire pour les manipulations.

Il est souvent avantageux avant le travail de plonger la cage dans une profonde obscurité en fixant par exemple des rideaux opaques sur toutes ses faces transparentes. Lorsque l'on découvre au bout de quelques instants l'appareil de capture, les *Habrobracon*, surpris par la lumière vive, s'y concentrent très rapidement.

L'expérience montre que les mâles sont prélevés en plus grand nombre que les femelles : et que parmi celles-ci ce sont surtout les jeunes, c'est-à-dire celles qui peuvent ne pas encore avoir été fécondées qui sont capturées. Il sera donc prudent d'exposer les insectes pendant un certain temps au soleil dans l'éprouvette de capture avant de les libérer afin de favoriser les accouplements et d'éviter les inconvénients d'une parthénogénèse mâle excessive pour des colonies d'établissement. On peut opérer rapidement pour les prélèvements sans avoir à s'entourer des soins minutieux, de nombreuses femelles restent toujours dans les cages et assurent le maintien de l'élevage.

Libération des *Habrobracon*. — **Choix des emplacements.** — Comme travail préliminaire, il y aura lieu d'étudier très soigneusement les foyers sur lesquels la Teigne se maintient d'une année à l'autre, leur nature, leur répartition et leur importance.

L'étude de la distribution des hôtes secondaires sur lesquels il aura

(1) Voir à ce propos les indications données dans le chapitre relatif à l'interprétation des interactions parasitaires.

été reconnu que l'*Habrobracon* peut évoluer occasionnellement sera effectuée parallèlement.

Les premières libérations pourront avoir lieu de préférence dans les cultures variées, peu soignées, se présentant à proximité des foyers de maintien de la Teigne, et non dans les champs occupés par de grandes plantations homogènes et soumises à une culture très intensive. Des apports abondants, méthodiquement répétés pendant plusieurs mois sur les mêmes emplacements, permettront d'éviter le suparasitisme se présentant souvent lors de libérations uniques et massives.

A la fin des travaux, il sera utile d'organiser sur place un petit foyer permanent de multiplication et de dissémination artificielle de l'*Habrobracon*, foyer dont l'entretien n'exigerait que des soins minimes et dont la surveillance reviendrait aux intéressés de la région. L'élevage direct dans des pièces pourrait alors rendre de précieux services.

Remarques. — Rapports des procédés culturaux et biologiques. — Les divers procédés permettant de combattre la Teigne agissant individuellement sur des parties différentes du cycle évolutif annuel de cette mineuse, se complètent mutuellement. En aucun cas, ils ne doivent être considérés comme se concurrençant ou pouvant se suppléer. La réduction des dégâts de la Teigne sera maximum lors de leur application d'ensemble.

L'action de l'*Habrobracon* consiste essentiellement dans une limitation importante de la pullulation de la Teigne d'une part sur les foyers de maintien (cultures mal soignées, récoltes conservées sans précautions, Solanées sauvages) d'autre part sur le feuillage des Pommes de terre. Une telle action ne peut être fournie par aucun autre procédé. Tout au plus les générations d'été sur les feuilles peuvent-elles être limitées par des pulvérisations arsénicales, mais le procédé, onéreux et d'efficacité médiocre, ne se montre pas susceptible d'une utilisation courante.

L'*Habrobracon* ne devra, en aucun cas, être considéré comme capable à lui seul de faire regresser la Teigne jusqu'à une valeur où pratiquement elle ne commette plus de dégâts appréciables. Un tel minimum de pullulation extrêmement faible, quelques chenilles suffisant en effet pour déprécier un lot de tubercules, ne peut être fourni ni maintenu exclusivement par une lutte biologique; les parasites exigeant toujours pour leur maintien une certaine abondance d'hôtes.

On demandera surtout à l'*Habrobracon* de réduire le taux de pullulation moyen de la Teigne, c'est-à-dire de diminuer d'une façon appréciable les chances de contamination des tubercules soit en terre, soit dans les magasins. Les procédés culturaux et de conservation appliqués alors strictement pourront empêcher ces chances de contamination déjà réduites de se réaliser.

On doit considérer l'*Habrobracon* comme étant capable de se maintenir dans la nature par ses propres moyens grâce à une évolution perma-

nente sur les foyers de maintien de la Teigne et une évolution occasionnelle sur des chenilles d'espèces diverses. Sa présence ne devra pas motiver la cessation d'emploi des façons culturales et des procédés de conservation préconisés, à moins toutefois qu'elle ne conduise à elle seule à une réduction suffisante de la Teigne, résultat que nous ne pouvons présumer.

QUATRIÈME PARTIE

REMARQUES GÉNÉRALES SUR LES ACCLIMATATIONS D'INSECTES ENTOMOPHAGES.

TRAVAUX D'ÉTUDES PRÉLIMINAIRES — CHOIX DES ESPÈCES A IMPORTER

Le taux de pullulation d'un Entomophage dépend pour une grande partie du milieu dans lequel cet Entomophage vit. Pour certaines conditions de milieu il ne sera que très faible, pour d'autres, au contraire, il pourra atteindre une valeur élevée et ainsi conduire l'espèce envisagée à jouer vis-à-vis de son hôte une action limitatrice des plus importante.

Le milieu dans lequel nous comptons utiliser des parasites, la région cultivée, est souvent fort différent de celui dans lesquels nous les recherchons, les terrains incultes; aussi les plus efficaces dans le premier ne sont pas forcément ceux se présentant de même dans le second et réciproquement. Pratiquement, il en résulte pour les essais d'utilisation de parasites une grande variabilité d'importance dans les résultats obtenus, et une grande incertitude sur la façon dont nous devons entreprendre et conduire les travaux envisagés pour réduire au minimum leurs aléas de réussite.

L'étude des rapports existant entre l'efficacité des parasites et le milieu nous paraît devoir contribuer à la détermination pour chaque cas envisagé des espèces vraisemblablement les plus utiles et de celles ayant peu de chances d'activité.

Ayant ainsi d'avance des indications sur l'avantage possible d'une acclimatation ou le peu d'utilité à en espérer, on pourrait dans les essais d'importation, diminuer pour une part importante les grands risques courus, risques provenant le plus souvent des conditions de hasard à peu près total dans lesquelles on se trouve opérer le plus fréquemment encore.

L'étude de ces vastes problèmes se précise peu à peu à la suite des recherches effectuées sur le parasitisme. Chaque essai d'acclimatation lui apporte aussi un important appoint non seulement par les recherches nouvelles qu'il a suscité mais encore par les grandes expérimentations qu'il apporte, expérimentations se montrant d'une valeur instructive toute particulière en raison du grand nombre d'éléments sur lesquels elles portent le plus souvent. Nos recherches sur la Teigne auront apporté diverses contributions de cet ordre; nous nous proposons de revenir ici plus en détail sur deux d'entre elles : le rôle de la polyphagie occasionnelle et de l'asynchronie de cycle évolutif dans l'efficacité des Insectes entomophages (1).

I. — RÔLE DE LA POLYPHAGIE DANS L'ACTIVITÉ DES INSECTES ENTOMOPHAGES (2)

L'établissement des parasites de la Teigne en France devait avoir lieu dans des conditions de milieu très particulières. Nous nous trouvions, en effet, avoir à opérer dans un milieu des plus profondément modifié par la culture; la Pomme de terre est une plante annuelle, constamment changée d'emplacement, et soumise à des périodes d'hibernations artificielles dans des magasins. Les conditions de maintien des Insectes deviennent tout à fait spéciales dans un tel milieu.

Les caractères des parasites se rattachant le plus étroitement avec les conditions de maintien sont ceux de polyphagie ou spécificité stricte et de présence d'individus aberrants. Les aberrants jouent un rôle fort important dans le maintien des espèces; mais, dans le cas de plantes-hôtes arrachées prématurément, détruites ou enfouies sous terre par des labours d'altération ou de disparition des supports sur lesquels ces individus aberrants ont pu s'arrêter constamment modifiés, transformés par les façons du sol, avec en outre changement d'emplacements de culture tous les ans, il nous a semblé que le rôle des aberrants devait se trouver fortement diminué. Aussi avons-nous surtout envisagé les caractères de polyphagie ou de spécificité comme pouvant dans l'exemple actuel, présenter le plus d'importance (3).

(1) Nous limitons notre travail à l'exposé de différentes remarques; nous n'envisageons nullement ici une étude complète et détaillée de toutes les questions se rattachant à un sujet aussi étendu et pouvant comprendre à lui seul toute une étude séparée.

(2) Pour le rôle de la polyphagie dans le maintien des Insectes en général, voir RABAUD : « La vie et la mort des espèces ». (*Loc. cit.*).

(3) Les individus aberrants se rencontrent fréquemment chez les insectes phytophages ou entomophages; ils jouent souvent un rôle dans le maintien des espèces. Ils n'ont pourtant pas exactement le même rôle que la polyphagie; ils complètent heureusement l'influence de celle-ci. Entre autres avantages particuliers ils permettent la persistance des espèces dans les périodes de conditions climatiques défavorables, et dans celles de surparasitisme général de tous les hôtes, périodes le plus souvent très temporaires. Par contre, la polyphagie permet le maintien à un taux d'abondance élevé, et l'assure pendant les périodes de manque de l'hôte principal très prolongées. La culture modifie souvent plus ou moins inégalement l'influence respective de chacun de ces deux caractères : culture annuelle ou pérenne avec ou sans élimination de plantes adventices.

ROUBAUD les a étudiés dernièrement en détail parmi les Diptères et parvient à élucider en partie les causes déterminant leur apparition (facteurs du milieu d'une part; nécessité d'un repos pour éuration physiologique d'autre part).

Chez les Entomophages un exemple particulièrement intéressant a été étudié par PEMBERTON et

La propriété de polyphagie *occasionnelle*, c'est-à-dire la faculté pour une espèce de vie sur des hôtes divers, soit normalement en un petit nombre d'individus, soit occasionnellement en totalité lors d'un manque de l'hôte principal par exemple, est fréquente chez les Insectes entomophages; elle se rencontre dans presque tous les groupes et STELLWAY pense même qu'elle serait beaucoup plus générale que la spécificité stricte (1).

Nous la trouvons chez les espèces reconnues comme étant des plus actives. Parmi les prédateurs, les Carabes, les Cicindèles, les Calosomes les plus importants dans la destruction des chenilles ne s'attaquent pas en général qu'à un seul hôte très nettement déterminé; ils vivent selon les circonstances de proies fort variées; il en est de même pour les Coccinelles; la *Coccinella septempunctata*, par exemple, si fréquente dans les vergers, s'attaque couramment à la majorité des Pucerons des arbres fruitiers (GAUMONT). FEYTAUD a fait sur les Hémérobes des observations analogues : les mêmes espèces dévorent suivant les cas les Pucerons vivants sur les Pruniers, les Cerisiers, les Pêchers, les Chenopodiacées; elles s'attaquent même à différentes chenilles mineuses évoluant sur la Vigne. Chez beaucoup de Syrphes se ren contre également une polyphagie assez large.

Parmi les parasites, nous trouvons des faits semblables. Les Tachinaires s'attaquent fréquemment à de nombreux hôtes; une espèce comme *Compsilura concinnata*, d'après HOWARD et FISKE, n'aurait pas moins de quarante-cinq hôtes possibles; elle est considérée comme une des meilleures importations qui aient été faites en Amérique pour la limitation du Brown-Tail moth et le Gypsy moth (2). Les Hyménoptères offrent d'innombrables exemples de même ordre; pour n'en prendre qu'un bien étudié, citons celui des principaux parasites de la Piéride du chou : *Apanteles glomeratus*, *Pteromalus puparum*, *Anilastus ebeninus*, parasites tous polyphages (PICARD).

Non seulement les espèces polyphages sont les plus fréquentes et jouent le rôle des plus importants dans la limitation constante des phytophages, mais encore elles se montrent très actives dans la destruction d'invasions

WILLARD sur *Diachasma Tryoni*, parasite de *Cetaditis capitata*, espèce chez laquelle des individus à cycles allongés se rencontrent dans la proportion de : Janvier 51 %, février 37, mars 31, juin 0.6, août 0.8, novembre 4.4. Ils éclosent en majorité de deux à six mois après, quelques-uns pourtant demandent de huit à dix mois et même plus pour achever leur évolution.

La température et l'hygroscopie semblent présenter un rôle prépondérant dans ces variations de cycles évolutifs; pourtant des facteurs internes doivent agir puisque le pourcentage des aberrants est très variable avec les espèces. ROUBAUD a bien mis en évidence chez les Diptères la présence suivant les espèces de plusieurs types de déterminisme de repos; ces catégories n'ont pas été retrouvées par PICARD chez les Hyménoptères parasites, mais il semble pourtant que d'autres de nature assez voisine doivent exister.

Les phénomènes de germinations étagées sur de nombreuses années se rencontrent fréquemment chez les végétaux (graines dures), sont en tout point comparables à ceux d'éclosions échelonnées des Insectes. Comme eux, ils contribuent beaucoup au maintien des espèces

ROUBAUD. (Loc. cit.)

PICARD. — Recherches sur *Melittobia acasta* (Loc. cit.).

ROUBAUD. « La vie et la mort des espèces ». (Loc. cit.).

(1) STELLWAAG (F.) « Parasitic Hymenoptera » (Monographien zur Angewandter entomologie, n° 6, 1921).

(2) HOWARD (L. O.) and FISKE (W. F.). — The importation into the United States of the Parasites of the Gipsy Moth and the Brown-tail Moth (U. S. Dep. of Agric. Bull. 91, 1911).

brusques et de grande amplitude que ceux-ci peuvent former. HOWARD, étudiant en 1895 une invasion de Tussock-moth aux environs de Boston, remarqua que le parasite le plus actif, puisqu'à lui seul il détruisit plus de quatre fois plus d'hôtes que tous les autres réunis ensemble, était un polyphage très répandu, *Pimpla inquisitor* (1). Se trouvant probablement assez abondant dans la région au début de l'invasion, il se porta immédiatement en grand nombre sur les premiers individus du Tussock-moth et profitant de leur abondance se multiplia si rapidement que l'invasion fut détruite dès la deuxième année. Lors de l'invasion de *Liparis chrysorrhæa* survenue dans les environs de Paris en 1920, GAUMONT remarqua que les parasites les plus actifs dès les premiers débuts étaient des polyphages; ils auraient vraisemblablement enrayé le mouvement ascensionnel du *Liparis* si une épidémie de nature cryptogamique n'était brusquement survenue et n'eût anéantie en peu de jours presque complètement l'invasion en question.

Ces exemples se rapportent à des hôtes présentant naturellement, soit d'une façon cyclique soit d'une façon irrégulière, de grandes variations numériques non en rapport avec le rythme de saisons. L'évolution par grandes fluctuations numériques est pour eux un caractère naturel. Mais, ainsi que le fait remarquer MARCHAL, ce mode d'évolution se rencontre secondairement chez beaucoup d'espèces qui primitivement restaient à un taux d'abondance assez constant ou ne variaient de nombre qu'avec les saisons. En particulier, il devient très fréquent chez les Insectes s'attaquant aux plantes cultivées, les causes déterminantes étant alors l'abondance de l'aliment (densité des plantes-hôtes sur le même emplacement) et les soins cultureux. Dans les champs une espèce se multiplie rapidement en raison de l'aliment offert, mais brusquement par un moyen de nature variable, tel que : arrachage, changement d'emplacement des plantes, taille, récolte, application d'insecticide, l'Homme en réduit le taux d'abondance à la valeur très basse exigée par ses besoins.

C'est une modification de cette nature que la culture apporte à l'évolution naturelle de la Teigne des Pommes des terre; nous laissons ainsi la Teigne croître à peu près librement et pulluler abondamment au printemps et en été sur le feuillage des Pommes de terre, elle ne nous gêne pas à ce moment; mais à l'automne au contraire, nous nous opposons à sa migration sur les tubercules par des façons culturales appropriées, quelques chenilles suffisant en effet à déprécier complètement ceux-ci. Privant ainsi brusquement la Teigne d'aliment, nous réduisons son taux de pullulation d'une façon fort importante. [Voir schémas I, II et III, pages 104 et 105.]

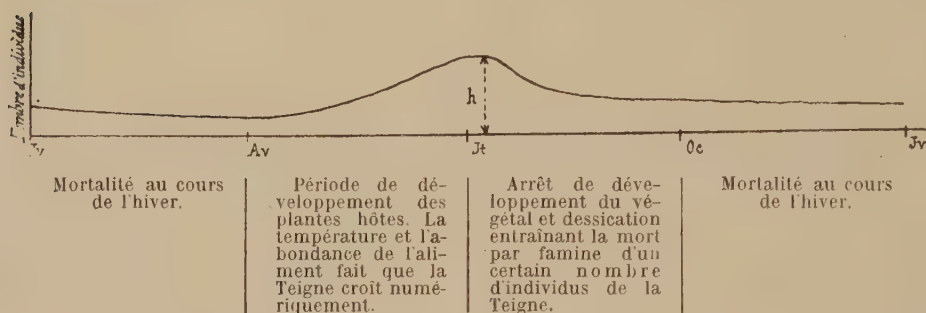
Des faits de même ordre, bien que plus compliqués, se présentent pour le Carpocapse et la Cochyliis par exemple; selon le cas, des générations se trouvent être plus atteintes que d'autres par les soins cultureux apportés aux plantes hôtes.

(2) HOWARD (L. O.). — A study in Insect Parasitism (U. S. dep. of Agr. Tech. Series, n° 5, 1897).

Evolution annuelle de la Teigne et ses variations avec la mise en culture de la Pomme de Terre.

SCHEMA I. — Evolution de la Teigne sur les Solanées sauvages.

Les fluctuations d'abondance de la Teigne sont de faible amplitude.

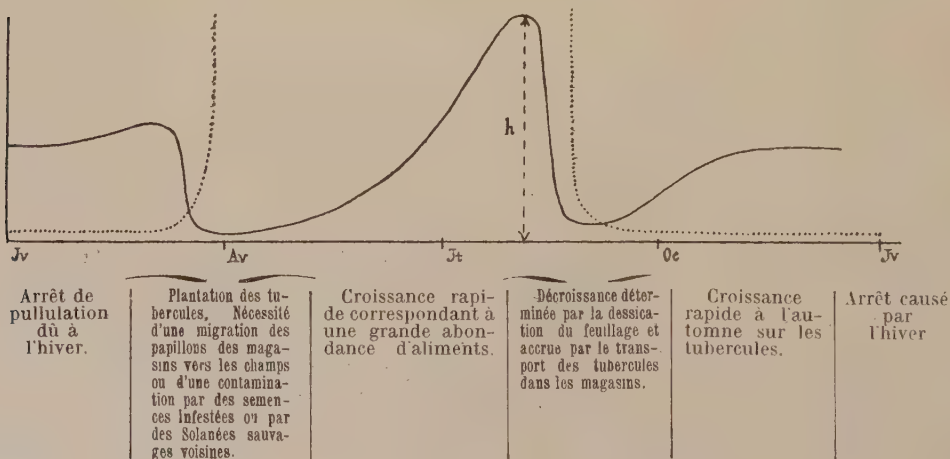


SCHEMA II. — Evolution de la Teigne sur la Pomme de terre cultivée normalement.

(Influence du mode de culture de la plante hôte sur l'évolution d'un insecte.)

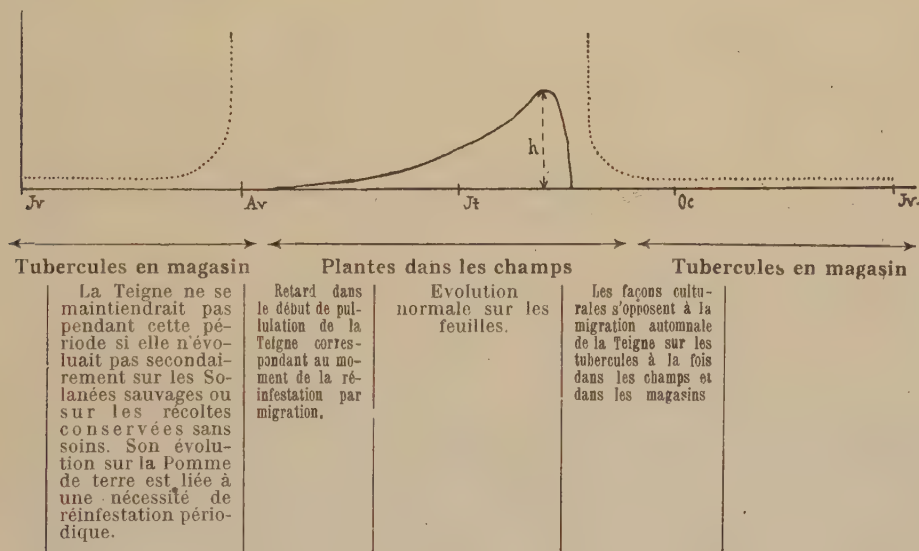
Les facteurs limitateurs de carence alimentaire sont modifiés. A certains moments, ils sont plus importants, mais à d'autres beaucoup moindres, aussi la courbe d'évolution de la Teigne présente-t-elle des oscillations très importantes avec minima très bas et deux maxima élevés au lieu d'un.

... Courbe des exigences économiques. Elle représente les maxima de pullulation de la Teigne compatibles avec nos besoins aux différentes époques de l'année. Nous devons nous attacher à ce que la courbe de la Teigne ne la surpasse jamais.



SCHEMA III. — Evolution de la Teigne sur la Pomme de terre cultivée suivant des techniques légèrement modifiées : Buttages fréquents, arrachages précoces, emmagasinage rapide des tubercules, etc...

Par des façons culturales nous arrivons à abaisser considérablement la pullulation de la Teigne et à la maintenir presque toujours au-dessous du taux maximum exigé par nos besoins.

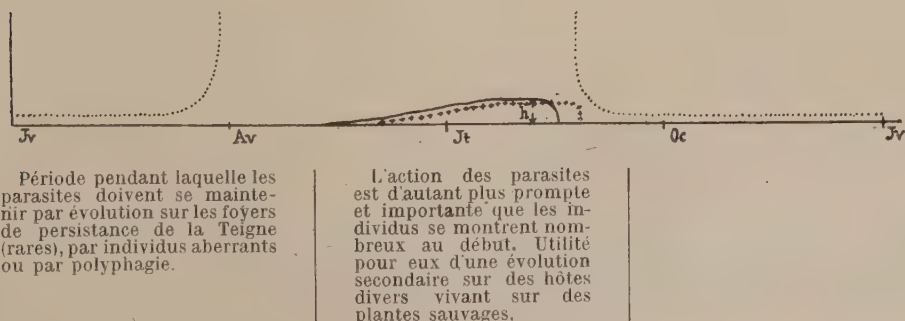


SCHEMA IV. — Evolution de la Teigne dans les mêmes conditions de culture de la Pomme de terre, mais avec utilisation en plus des parasites.

+++ Courbe d'évolution des parasites.

Les chances d'infestation des tubercules à l'automne représentées par la hauteur h sont diminuées d'une façon intéressante.

Avantage de la polyphagie dans le maintien des parasites et de la rapidité d'évolution (asynchronie) dans leur efficacité.



L'exemple est très net pour les Pucerons; une pulvérisation insecticide, une récolte, si la plante hôte est annuelle, apporte également une réduction brusque dans la pullulation de ces espèces.

D'une façon générale, on peut dire que ces destructions apportées périodiquement par l'Homme atteignent les hôtes et les parasites dans la même proportion et que les rapports primitifs d'abondance des espèces ne sont finalement pas modifiés ou ne le sont que faiblement. MARCHAL, en établissant cette remarque, indique pourtant qu'elle n'est que très générale et seulement approximative, les destructions peuvent être, selon les cas, plus importantes pour les hôtes ou pour les parasites. Citons, avec cet auteur, l'exemple de la Cecidomyie destructive. En brûlant les chaumes après les moissons, nous décimons beaucoup plus les parasites que les hôtes, les premiers restant dans les chaumes alors que les seconds sont déjà éclos à ce moment. Des comparaisons intéressantes nous sont fournies par l'étude de la Piéride et de ses principaux parasites. La récolte d'un champ de choux détruit toujours un certain nombre d'individus de Piéride, mais l'espèce subsiste aisément, ses chrysalides, placées sur les troncs d'arbres ou sur les murs, échappent le plus souvent à toute atteinte. L'*Apanteles glomeratus* se trouve être très sensiblement détruit par la culture dans la même proportion que la Piéride, puisque jeune, il évolue dans les chenilles de celle-ci et qu'il émigre en même temps qu'elles, lorsqu'elles sont parvenues au terme de leur croissance et se déplacent vers les abris où elles se nymphoseront; c'est en ces mêmes emplacements que l'*Apanteles* se nymphose. Il n'en est plus de même pour deux autres parasites de la Piéride de l'*Anilastus ebeninus* et le *Pteromalus puparum*. Le premier vit sur les jeunes chenilles, mais se nymphose sur les feuilles de choux; il aura de ce fait des chances d'être détruit en plus grand nombre que la Piéride; le second au contraire vit exclusivement sur les chrysalides, la culture modifie peu son activité puisque ces chrysalides sont, en général, peu atteintes par les façons culturales (1).

Le cas d'une moins grande destruction des parasites que des hôtes par la culture semble rare; celui d'une destruction égale ou supérieure est plus fréquent.

En résumé, fréquemment, les soins cultureux défavorisent les parasites pour leur maintien soit qu'ils causent des réductions périodiques des hôtes si importantes que l'espèce parasite peut avoir peine à trouver les individus en nombre suffisant pour son évolution, soit encore qu'ils détruisent les parasites dans une plus grande proportion que les hôtes.

Nous avons vu que les parasites polyphages se montraient très actifs

(1) Des phénomènes d'un autre ordre peuvent modifier secondairement ces premiers effets; la densité des individus de l'hôte joue un rôle important dans l'attraction des parasites et par conséquent dans la détermination du taux de parasitisme (RABAUD). Ainsi les chenilles de Piéride vivant sur les choux cultivés sont plus attaquées par l'*Apanteles* que celles évoluant sur les choux ou les Crucifères sauvages parce qu'elles constituent sur ces premières plantes une masse beaucoup plus dense et par conséquent ayant une influence attractive plus considérable sur les parasites (PICARD).

dans la limitation des phytophages évoluant naturellement par grandes fluctuations numériques; il est facile de se rendre compte que leur action se présente de même vis-à-vis des phytophages présentant secondairement ce mode d'évolution du fait de la culture de leur plante nourricière et que souvent alors, le parasite polyphage a l'avantage sur le spécifique strict, ce dernier se trouvant dans des conditions désavantageuses pour son maintien. Pendant une période de rareté de son hôte principal, le polyphage subsiste sur place par évolution temporaire sur des hôtes occasionnels. Or, nous savons que l'efficacité d'un parasite dans une invasion dépend beaucoup de son nombre initial d'individus : moins un parasite a de retard sur son hôte au début, plus rapide est son action et plus nombreuses sont ses chances d'enrayer promptement une invasion avant qu'elle ne soit devenue par trop importante. Citons-en quelques exemples.

Sur un champ de Betteraves à graine isolé dans une vaste plaine, cultivée surtout en céréales et en plantes fourragères diverses, nous avons eu l'occasion de remarquer une très grande invasion de Pucerons noirs; l'observation était faite en été. Les Pucerons avaient dû se multiplier abondamment depuis le printemps. En examinant de près le champ, il était facile de reconnaître que, par places, des légions de larves de Coccinelles, de Syrphes détruisaient les Pucerons, mais ces larves étaient cantonnées en taches seulement. Ces taches correspondaient vraisemblablement aux endroits où les premiers individus ailés avaient dû arriver. Au centre des taches, les pieds de Betteraves étaient complètement débarrassés de Pucerons et ne portaient plus que de nombreuses mues de Coccinelles. Sur leur pourtour, des petits foyers de propagation des prédateurs apparaissent. Ils comprenaient le plus souvent des pieds de Betteraves couverts de jeunes larves de Coccinelles ou de Syrphes, alternant irrégulièrement avec d'autres encore chargés de Pucerons et ne présentant aucune de ces larves prédatrices. Coccinelles et Syrphes avaient dû venir sur ce champ par émigration à partir de plantes basses quelconques mais pérennes, portant des Pucerons et situées dans un voisinage assez immédiat.

Des observations du même ordre furent faites sur un champ de Choux isolé dans des conditions semblables et présentant de nombreux foyers de Pucerons. Point intéressant, les *Aphidius*, parasites assez stricts pour chaque espèce de Pucerons ne s'y rencontraient pas, alors qu'en général ils se montrent nombreux dans les champs situés au voisinage d'habitations, ces derniers se trouvant être répétés tous les ans sur les mêmes emplacements ou sur de voisins, leur offrant seuls les conditions nécessaires à leur maintien; par contre, les larves de Coccinelles et de Syrphes y étaient des plus nombreuses.

Ce sont des remarques analogues qui incitèrent MARCHAL, PICARD et tous les biologistes à se récrier contre les destructions abusives de toutes les plantes sauvages croissant autour des vignobles; ces plantes, par les

Insectes variés qu'elles portent, peuvent servir de foyer de maintien à une multitude de parasites de la *Cochylis* et de l'*Eudemis*, espèces toujours détruites en plus ou moins grande abondance par les façons culturales apportées à la Vigne; pour certains parasites même, les hôtes complémentaires qu'elles offrent seraient indispensables. Des principes analogues serviraient de base à SILVESTRI pour des essais d'augmentation de la limitation naturelle du *Dacus* par ses ennemis naturels. Pourtant des difficultés d'application se présentèrent, les parasites envisagés étant occasionnels pour le *Dacus* et ayant pour hôtes principaux des espèces vivant sur des plantes sauvages. Des essais du même genre furent faits par PIERCE aux Etats-Unis, pour l'utilisation de parasites de Curculionides indigènes dans la lutte contre l'Anthonome du Cotonier, espèce importée, tout en continuant les destructions artificielles de cet Anthonome par des façons culturales. Ils auraient donné des résultats intéressants (1).

Rappelons encore pour mémoire que souvent les parasites polyphages jouent un rôle utile important en limitant dès le début de leur établissement les Insectes étrangers venant à être importés dans un pays nouveau; ils s'adaptent alors plus ou moins parfaitement à eux. Beaucoup d'espèces nouvelles qui auraient pu se montrer excessivement nuisibles se sont trouvées ainsi contenues dès leur introduction. Certaines pourtant leur échappent à peu près totalement, les causes nous en sont d'ailleurs encore inconnues.

D'une façon générale, on peut conclure que la polyphagie occasionnelle joue un rôle important dans l'efficacité des parasites surtout lorsque les hôtes envisagés se trouvent continuellement soumis à de très grandes fluctuations numériques, périodiques ou irrégulières, fluctuations les amenant à devenir par moment fort rares ou disséminées dans toute une région ou toute une parcelle de terrain, et même parfois à disparaître complètement pendant un certain temps. Beaucoup de phytophages s'attaquant aux plantes cultivées présentent ce mode d'évolution.

Dans de telles conditions de milieu, le parasite spécifique en raison de la rareté périodique des hôtes peut éprouver des difficultés pour se maintenir; s'il y parvient, il se trouve toujours être réduit à un taux de pullulation des plus bas. Lorsque l'hôte recommence à nouveau à pulluler, il se trouve en grande infériorité d'action, soit parce qu'il est devenu fort rare, soit même parce qu'il a disparu temporairement dans la région; il laisse au début son hôte pulluler à peu près librement et ne pourra commencer à agir qu'après un certain temps; l'hôte risque alors de devenir rapidement très abondant. Dans les mêmes conditions, le polyphage au contraire, ayant eu des chances non seulement de se maintenir par évo-

(1) PIERCE (N. D.), — Factors controlling Parasitism With special Ref. the Cotton Boll Weevil. (*Journ of econ. entom.*, 1908).

PIERCE (W.), CUSHAM (R. A.) and HOOD (C. E.) . — The Insectes enemies of the Cotton Boll Weevil (*U. S. Dep. of Agr. Bull.* n° 100 1912).

lution occasionnelle sur des hôtes secondaires, mais encore de subsister avec un taux d'abondance assez élevé, se trouvera très favorisé comme nombre, vis-à-vis de son hôte principal, au moment où celui-ci commencera de nouveau à pulluler. La rapidité de la limitation dépendant beaucoup des proportions relatives entre hôtes et parasites au début, le parasite ayant pu rester abondant aura ainsi des chances de maîtriser son hôte dans les plus brefs délais, d'empêcher une invasion de devenir très importante ou de longue durée; souvent même il parviendra à enrayer un tel mouvement dès ses débuts.

II. — ROLE DE L'ASYNCHRONISME DE CYCLE ÉVOLUTIF.

Le second caractère important ayant trait au parasitisme que nous avons eu à étudier sur l'*Habrobracon* est l'asynchronisme de cycle avec l'hôte. Un parasite, même doué d'une puissance reproductrice moindre que son hôte, se montre capable de limiter cet hôte très rapidement, pour peu que son cycle évolutif soit plus rapide que celui de ce dernier; sa vitesse de multiplication étant de ce fait considérable. Divers cas forts différents sont pourtant à envisager.

En effet, nous pouvons avoir, d'une part, des hôtes à générations chevauchantes (Teigne des Pommes de terre, Piéride, *Ephestia Kuehniella*, *Icerya*, par exemple) ou des hôtes à générations fort distinctes (*Cochylis*, *Eudemis*, *Carpocapse*, *Cheimatobie*, *Anthonome*) et d'autre part des Entomophages s'attaquant à la majorité des stades évolutifs de leur hôte (prédateurs) ou au contraire très spécialisés comme choix (majorité des parasites).

Pour les prédateurs et pour les parasites s'attaquant à des hôtes à générations chevauchantes, l'asynchronie de cycle évolutif est, en général, nettement avantageuse; l'étude de l'interaction Teigne-*Habrobracon* nous en donna un exemple (1). La spécificité stricte peut se rencontrer alors chez ces Entomophages.

Mais si les hôtes ont des générations groupées et que les parasites soient très stricts pour le stade qu'ils attaquent, les espèces synchrones auront plus de chances de subsister que les espèces asynchrones. Pour ces dernières, en effet, la polyphagie devient non occasionnelle, mais nettement obligatoire. Si les hôtes complémentaires sont très nombreux, les espèces asynchrones se montreront très actives car elles se multiplieront rapidement; si, au contraire, ils ne sont que peu abondants, ces mêmes parasites ne présenteront plus qu'un rôle limitateur de valeur fort moyenne ou même faible. L'efficacité des espèces asynchrones se montre donc, pour les hôtes à générations groupées, comme irrégulière, capricieuse, devenant, selon les circonstances très faible ou très élevée; nous en trouvons un exemple dans *Oophthora sembli-*

(1) Les associations parasitaires Piéride — *Apanteles glomeratus* et Piéride — *Pteromalus puparum* appartiennent à cette catégorie; aussi l'efficacité du parasitisme s'y montre-t-elle particulièrement importante (PICARD).

dis (1), parasite des œufs de la *Cochylis*. C'est cette efficacité sous la dépendance entière d'hôtes secondaires, c'est-à-dire des plantes sauvages les portant, qui a fait le plus souvent condamner les polyphages. Nous voyons pourtant qu'elle ne constitue qu'un cas assez particulier pour cette catégorie de parasites.

III. — CONCLUSIONS POUR LES ACCLIMATATIONS D'INSECTES ENTOMOPHAGES ÉTRANGERS A ENTREPRENDRE.

Les parasites polyphages, spécifiques, synchrones, asynchrones, méritent d'être également pris en considération dans les travaux d'acclimations.

Pour les hôtes à générations groupées, les parasites synchrones seront préférés car leur établissement est plus certain, mais pourtant les asynchrones ne devront pas être rejetés; ils mériteront d'être introduits à titre complémentaire, et de grandes réserves doivent être faites sur leur efficacité, celle-ci étant toujours risquée et capricieuse.

Pour les hôtes à générations chevauchantes au contraire, les parasites asynchrones se montreront fort avantageux.

Lorsque les conditions de maintien deviennent désavantageuses pour les parasites, cultures de plantes annuelles par exemple, la préférence sera à donner aux polyphages occasionnels; dans le cas contraire, celui d'un hôte toujours également abondant ou à évolution peu troublée par les façons culturales, les spécifiques stricts seront les plus indiqués. Les uns et les autres ont leurs avantages et leurs aléas propres; les premiers se maintiennent plus aisément, les seconds ont une efficacité parfois plus assurée; selon les circonstances, les conditions de milieu, l'un ou l'autre se montrera le plus avantageux.

Si les spécifiques ont donné jusqu'à ce jour les résultats les plus brillants il faut remarquer que ce fut le plus souvent parce que l'on opérait dans les conditions fort spéciales d'un hôte abondant, sans fluctuations numériques importantes, à évolution non troublée par la culture et à taux d'abondance compatible avec nos besoins, assez élevé. Tels furent les cas de *Icerya*, du *Diaspis pentagona* et de toutes les Cochenilles en général (1).

(1) MARCHAL (P.) et FEYTAUD (J.). — Sur un parasite des œufs de la *Cochylis* et de l'*Eudemis* (C. R. Ac. et Sc. C LIII. p. 633, 2 oct. 1911).

(2) BERLESE, dans son étude sur l'utilisation des Insectes entomophages en Agriculture remarque très justement que la lutte biologique est loin de présenter la même valeur pour la limitation de tous les phytophages et que fort souvent ce sont des facteurs de toute autre nature qui jouent le rôle principal dans le maintien des espèces à un taux de pullulation relativement peu élevé. On ne peut donc voir dans l'emploi des parasites un procédé universel permettant de contenir la multiplication de tous les Insectes nuisibles.

BERLESE en se basant sur une moindre destruction parasitaire ou naturelle propre pour les Entomophages spécifiques, classe les espèces dans l'ordre d'importance suivant : Endophages spécifiques, Prédateurs spécifiques, Prédateurs polyphages. BERLESE n'a pas fait la distinction que nous effectuons ici en hôtes à abondance assez constante avec valeur toujours assez élevée, et hôtes soumis à de grandes fluctuations numériques passant par des minima très bas ou constamment troublés dans leur évolution par les façons culturales auxquelles sont soumises leurs plantes hôtes. En examinant les exemples qu'il donne nous voyons très bien qu'il a envisagé surtout la première de ces deux catégories de Ptytophages; or pour elle nous sommes parfaitement d'accord quant à la préférence à donner aux Entomophages spécifiques, nous nous sommes surtout attachés ici à montrer qu'il existait à côté de ce premier groupe un autre non moins important mais comportant des conclusions différentes; nos recherches se complètent donc. Aux remarques de BERLESE sur la variabilité de l'efficacité des parasites selon leur nature et la biologie des hôtes nous ajouterons cette nouvelle : l'activité d'un même parasite vis-à-vis d'un même hôte est souvent essentiellement variable et nous

Sous des apparences d'ensemble semblables, des conditions de milieu fort différentes peuvent se présenter; appliqué alors d'une façon trop étroite, le principe de la préférence à donner aux spécifiques stricts peut conduire à des résultats beaucoup moins importants que ceux obtenus jusqu'à ce jour, et par cela même amener le discrédit sur un procédé de grande valeur.

En un mot, il n'y a pas une directive fixe à suivre, tout dépend des conditions de milieu dans lesquelles on opère. Une part importante de ces conditions est en rapport le plus souvent avec les modalités de mise en culture des plantes que l'on se propose de protéger (1).

MARCHAL a très justement fait remarquer que les Entomophages doivent continuer à agir, et à plus forte raison doivent subsister naturellement, en dépit des façons culturales établies par l'usage et dont l'emploi est reconnu nécessaire pour la production des végétaux. Aussi dans beaucoup de cas on ne peut songer à modifier le milieu d'une façon suffisamment profonde pour offrir aux parasites spécifiques de bonnes conditions de maintien, lorsque, normalement, ces conditions leur sont désavantageuses; les modifications ne peuvent être apportées que dans la limite où elles ne causent aucune baisse du rendement antérieurement établi, à moins toutefois qu'elles ne portent sur un traitement spécialement établi contre l'insecte que l'on se propose de limiter avec ses parasites. En introduisant des parasites, nous nous proposons de réduire le plus possible les traitements apportés artificiellement et même de les faire disparaître complètement. Il y a en effet avantage à substituer peu à peu une limitation par des agents naturels à une limitation par des insecticides; les traitements seront progressivement diminués dans la mesure où l'activité des parasites sera reconnue suffisante pour assurer les mêmes avantages.

Le *Novius cardinalis* effectuant une limitation de *Icerya purchasi*, économiquement très suffisante, son introduction conduit toujours à la cessation des traitements pratiqués contre cette Cochenille. Par contre, aux Etats-Unis, l'introduction de parasites de *Aspidiotus perniciosus* et l'adaptation progressive d'Entomophages locaux sur cette espèce ne put déterminer l'abandon complet des pratiques de destruction de *Aspidiotus* établies par l'usage et reconnues de plus grande efficacité que la lutte biologique. Il ne put y avoir qu'une réduction importante du nombre des applications effectuées annuellement, résultat pourtant fort intéressant en lui-même, et loin d'être négligeable.

pouvons parfois la prévoir. Elle dépend des conditions de milieu et une des plus importantes de celle-ci est le mode de distribution des hôtes à la fois dans le temps et dans l'espace.

BERLESE a d'ailleurs entrevu l'avantage à retirer dans certains cas au moins des polyphages puisqu'à la fin de son travail il parle de recherches à faire pour l'utilisation en Italie, contre certains phytophages indigènes, de parasites vivant sur des espèces voisines.

BERLESE (A.), — Les insectes entomophages et leur utilisation au profit de l'Agriculture (*Bull. mens. renseign. agr. et mal. plantes. Institut intern. Rome, 1916*).

(1) D'après HOWARD et FISKE l'efficacité élevée du *Novius cardinalis* dans la limitation de *Icerya purchasi* serait dû à la fixation de cet hôte, à sa possibilité de destruction sous presque tous ses étades et plus particulièrement celui d'œuf et enfin une évolution plus de deux fois plus rapide pour le *Novius*.

La présence des Coccinelles sur des arbres chargés de Pucerons ne doit pas, le plus souvent, s'opposer à une destruction artificielle de ces Pucerons lorsque leur nombre devenant par trop considérable se montre menaçant, même momentanément; une invasion de chenilles mérite d'être enrayée artificiellement le plus tôt possible, lorsque nous avons de bons moyens pour le faire économiquement, plutôt que d'être laissée se poursuivre naturellement jusqu'au moment où une destruction naturelle se présentera; ce moment étant d'apparition plus ou moins lointaine.

Destruction importante apportée artificiellement par l'Homme, et limitation naturelle constante offerte par les Entomophages se complètent mutuellement. Les destructions artificielles venant suppléer la limitation naturelle lorsque celle-ci est en défaut ou se montre insuffisante la limitation naturelle étant la base du maintien constant des Phytophages à des taux de pullulation peu élevés, permet toujours de réduire de beaucoup le nombre des destructions à apporter artificiellement. Un juste rapport est donc à établir entre les deux procédés.

Comme souvent ils présentent chacun leur maximum d'activité et d'avantages dans des conditions différentes ou à des moments différents. il est facile de les combiner ensemble, de les employer successivement et d'utiliser ainsi chacun pendant la période d'action maximum; ils se complètent alors mutuellement, leur action totale est plus élevée que celle de chacun d'eux pris isolément. Ainsi, pour la Teigne, nous avons été amenés à donner à l'automne la priorité aux façons culturales, malgré la gêne dans le maintien des parasites apportée par leur application, parce qu'à ce moment de l'année elles se montrent à la fois plus efficaces et plus avantageuses que les parasites. Cette priorité donnée aux façons culturales à l'automne nous amène à rechercher pour la Teigne les parasites pouvant s'accommoder de telles conditions. C'est ainsi que nous avons été conduits à conseiller l'emploi de parasites polyphages occasionnels et que nous avons attribué une grande valeur à ce caractère.

Signalons que la polyphagie occasionnelle aurait encore l'avantage de permettre des introductions de parasites au début de l'établissement de phytophages nouveaux lorsque ceux-ci ne se sont pas encore multipliés en abondance pour des raisons locales, et qu'ils ne se présentent pas en assez grand nombre pour qu'un parasite spécifique strict ait chance de se maintenir aisément. Nous avons exposé en détail ces avantages au sujet de la Teigne. (Voir page 90.)

On objecte à l'importation de polyphages étrangers, que les polyphages indigènes peuvent fort bien jouer le même rôle et que seuls les spécifiques stricts ne peuvent être remplacés comme efficacité. Cette objection n'est vraie que dans certaines limites; ainsi que nous l'indiquions antérieurement, c'est à l'adaptation rapide de polyphages indigènes que nous devons beaucoup de cas de non généralisation de certains phytophages changés de pays. Mais

un tel cas ne se présente pas toujours et l'adaptation peut fort bien, comme cela eut lieu pour la Teigne, ne porter que sur des parasites à rôle très secondaire et se montrant loin d'équivaloir à ceux du pays origine de l'Insecte introduit.

Pour un même hôte, tous les polyphages sont loin de présenter la même efficacité. Les Carabes américains s'attaquant au « Gipsy Moth » sont loin d'équivaloir comme activité au Calosome sycophante, prédateur polyphage originaire d'Europe, patrie des « Gipsy Moth ». Signalons par contre que parfois les adaptations apportent des parasites plus efficaces que ceux déjà existant, l'*Aspidiotus perniciosus* est plus limité par les Entomophages américains que par ceux spécialement importés de Chine pour le combattre (1).

Les divergences d'opinion sur l'action des polyphages viennent surtout de la variété des degrés de polyphagie et de ce que sous le même terme on désigne parfois des espèces à caractères très différents. Nous avons restreint à dessein la généralité de ce terme en n'envisageant ici que les polyphages occasionnels (2).

Comme nous le disions, ce sont des espèces à hôtes préférés et ne vivant qu'occasionnellement ou seulement en petit nombre sur des hôtes divers, hôtes que l'on peut qualifier alors de complémentaires. Naturellement, nous ne préconisons ici que l'emploi des espèces dont l'hôte normal, l'hôte préféré si l'on peut dire parce qu'il attire plus le parasite que les autres, est le phytophage à combattre et non une espèce quelconque.

Comme type de parasite polyphage général, citons par exemple le *Dibrachys boucheanus*, espèce vivant sur une multitude d'hôtes, mais se trouvant toujours en faible abondance sur chacun d'eux et devenant facilement hyperparasite à des degrés les plus divers. Cette polyphagie générale, avec tendance à l'hyperparasitisme, est fréquente chez les Chalcidiens, parti-

(1) Dans un ordre d'idées semblable on peut remarquer que pour la Pomme de terre le Doryphore est un agresseur d'adaptation : il n'en est pas moins devenu le plus actif limitateur naturel de cette espèce végétale. Il en est de même pour *Pyrausta nubilalis* espèce européenne étant passée sur le Maïs lors de l'importation de cette plante en Europe, puis étant devenue pour elle un des plus redoutables ennemis, surtout dans sa patrie même, l'Amérique. Le Phylloxéra offre pour la vigne européenne un exemple tout à fait de même nature.

Parmi les parasites d'adaptation on pourrait donc trouver des espèces les plus actives. Leur recherche expérimentale par importations diverses est trop dangereuse pour que l'on puisse songer à l'envisager, bien qu'elle serait susceptible de donner des résultats fort intéressants, mais on ne devra pas négliger tous les enseignements que des réalisations involontaires de ces expériences pourraient apporter; en particulier la cause du non-maintien ou de la faible importance économique dans un pays où il vient d'être introduit, d'un Insecte normalement fort nuisible, mériterait toujours d'être examinée très en détail; des données des plus précieuses sur les influences limitatrices du climat, de la carence alimentaire et de la lutte biologique sur la pullulation de l'insecte envisagé, pouvant en découler. Peut-être découvrirait-on ainsi de très bons parasites, ou des techniques intéressantes.

(2) La polyphagie occasionnelle que nous signalons chez les Entomophages se rencontre sous une forme tout à fait semblable chez les Phytophages et les Hémophages. Elle aurait pour eux souvent une influence de même ordre dans le maintien des espèces, elle serait aussi la cause d'erreurs d'instincts de même ordre et se montrerait régie en grande partie par des phénomènes d'attraction de nature semblable.

Parmi les phytophages, nous savons par exemple que les *Liparis dispar* vivent surtout sur les arbres forestiers et que ce n'est qu'occasionnellement lorsque ceux-ci ont été ravagés, que les *Liparis* se portent sur les arbres fruitiers.

ROUBAUD signale chez les Hémophages le cas fort intéressant des Anopheles ne s'attaquant à l'Homme qu'en cas d'insuffisance de gros bétail en rapport avec leur abondance.

culièrement chez les Tétrastichines : il est utile d'en tenir compte dans les importations qu'on peut avoir à effectuer (1).

L'utilisation des Entomophages polyphages a déjà été entreprise plusieurs fois et les remarques que nous apportons ici n'ont pour but que de confirmer l'avantage d'une directive déjà suivie, à dessein et en connaissance de cause ou seulement par suite de hasards de circonstances, et d'en souligner l'intérêt. Les résultats auxquels elle conduit, furent en général intéressants. Pour combattre le « Gypsy Moth », par exemple, parmi les meilleures introductions faites en Amérique, nous trouvons *Compsilura concinnata*, *Calosama sycophanta* et *Anastatus bifasciatus*, espèces polyphages occasionnelles. Pourtant un insuccès fut enregistré pour l'*Apanteles fulvipes*. On se rappelle que nous avons indiqué que de grandes réserves devaient toujours être faites lorsqu'il s'agit de parasites asynchrones vivant sur des hôtes à générations groupées, cas présenté pour le « Gypsy Moth » et beaucoup de ses parasites, les hôtes complémentaires se montrant alors comme des hôtes indispensables; l'*Apanteles* se trouvant être dans ce cas, n'aura vraisemblablement pas rencontré les hôtes nécessaires à l'achèvement de son évolution annuelle; l'insuccès a ici pour cause première l'asynchronie de cycle évolutif et non la polyphagie, ce qui est fort différent.

Aux îles Hawaï, pour la limitation de *Perkinsiella saccharicida*, PERKINS chercha les parasites australiens de toutes les Cicadelles; le succès des importations effectuées fut complet (2).

SILVESTRI, dans ses belles recherches sur les parasites de *Ceratitis capitata* étudia parallèlement les espèces vivant aux dépens de Diptères voisins de *Ceratitis*, et en importa un grand nombre aux îles Hawaï (3). PEMBERTON, en continuant le travail de SILVESTRI, tient grand compte pour l'activité des espèces importées, de leur possibilité de maintien, non seulement sur *Ceratitis*, mais encore sur des hôtes divers évoluant dans des fruits de toute nature ou sur des plantes sauvages (4).

Le *Cryptolæmus*, prédateur australien se présentant comme un fort précieux limitateur des Cochenilles blanches et ayant l'avantage de pouvoir être aisément utilisable dans les régions les plus diverses, est aussi un polyphage occasionnel mais avec plusieurs hôtes principaux à peu près également parasités (5).

Quelques remarques s'imposent sur la façon d'étudier la polyphagie

(1) MARCHAL (P.). Sur le *Lygellus epilachne* Giard (Parasitisme, erreur de l'instinct, évolution) (Bull. Soc. entom. France, 1907).

(2) PERKINS. — (Board commis. Agr. Forest. Hawaï. Div. ent. Bull. 1. 1908).

(3) SILVESTRI. — Rapport on an Exped. : to Africa in search of natural enemies of fruit flies. (Bull. n° 3 Hawaï, Agr. and Forest. 1913.)

(4) PEMBERTON. (Loc. cit.)

(5) P. MARCHAL. — Utilisation d'une Coccinelle australienne (*Cryptolæmus Montrouzieri* Muls.) dans la lutte contre les Cochenilles blanches et son introduction en France.

R. POUTIERS. — L'acclimatation du *Cryptolæmus Montrouzieri* dans le midi de la France (Ann. Epiph. Tome VII. fasc. 1 1922).

occasionnelle et de déterminer si une espèce donnée en est douée; de nombreuses erreurs peuvent, en effet, se glisser dans les recherches.

Les listes d'éclosions de parasites faites pour chaque espèce soit par observation dans la nature, soit par prélèvements d'échantillons nombreux, fournissent une première documentation fort précieuse qu'on ne saurait trop conseiller d'établir comme base générale pour tous les travaux. Des corrections de mise au point seront pourtant à lui apporter quand les grandes lignes en seront tracées.

En effet, en procédant par listes d'éclosions, nous n'éliminons pas les races biologiques, c'est-à-dire nous ne distinguons pas les lignées d'un même parasite qui peuvent se trouver strictement limitées à l'évolution sur un seul hôte, lignées entre lesquelles les hôtes ne peuvent être intervertis. Pour ces races biologiques, il y aurait limitation de la possibilité de migration occasionnelle. Bien que l'existence des races biologiques soit toujours fortement discutée, il est utile d'en tenir compte. SILVESTRI en a donné un bon exemple pour les *Encyrtus* et HOWARD, FISKE et THOMPSON pour *Parexoria chelonix*, *Tachina mella* et *Tachina larvarum*.

Lorsque l'on opère par études expérimentales, la polyphagie observée peut être différente de celle ayant réellement lieu dans la nature, bien qu'ici des limites deviennent fort difficiles à préciser. Dans les expériences, nous agissons sur les parasites par contrainte en utilisant la famine; la famine détermine-t-elle le même changement d'hôte dans la nature quand l'hôte principal fait défaut? Ou ne produit-elle seulement que le surparasitisme? Ce sera un point à préciser.

Dans un autre d'ordre d'idées, notons que la polyphagie ne peut être considérée comme certaine qu'autant que l'on a observé l'évolution complète du parasite sur des hôtes différents; il peut y avoir, en effet, soit pontes sur des hôtes à l'intérieur desquels les larves ne pourraient pas se développer, soit au contraire possibilité de développement larvaire sur des hôtes sur lesquels les adultes ne pondent pas. Dans le premier cas, nous pouvons citer l'impossibilité pour la jeune larve à percer les téguments de son hôte, telle la jeune chenille de *Melittobia* éclosant d'œufs pondus sur des Piérides (PICARD); l'enkystement dès l'œuf dans les tissus de l'hôte ou sa résorption par phagocytose. PEMBERTON a montré qu'il y a encore des variations fort curieuses dans l'enkystement ou le non enkystement larvaire suivant que l'hôte a été sensibilisé par une piqure antérieure apportée par un autre parasite. D'autre fois, l'hôte n'est pas assez volumineux pour que le parasite puisse achever son développement, et il y a alors arrêt de développement prématuré et mort par famine.

Rappelons encore la restriction à la polyphagie que nous avons reconnue pour l'*Hobrobracon Johannseni* : la construction d'un tube de succion, un début d'aspiration puis un abandon définitif de l'hôte dès l'absorption de la première gorgée alimentaire.

Il peut encore y avoir attirance par un hôte mais invulnérabilité nor-

male pour celui-ci par suite d'une insuffisance de la longueur de la tarière par exemple, ou de la présence d'un obstacle matériel quelconque, par exemple un cocon ne pouvant être percé ou déchiré.

L'abondance des hôtes a aussi une influence; le parasite peut prendre pour hôte principal l'espèce la plus abondante, celle l'attirant le plus par sa masse totale; il présentera alors vis-à-vis d'elle un taux de parasitisme plus élevé que de coutume. L'exemple de l'*Apanteles glomeratus* devenant plus abondant sur les chenilles Piérides lorsque celles-ci ne sont pas disséminées mais au contraire groupées par grandes masses, le laisserait supposer.

La nature de plante portant l'hôte, joue elle aussi un rôle; POUTIERS en signala un curieux exemple à propos de l'*Icerya pruchasi* et du *Novius cardinalis*; les *Novius* n'attaquant pas les *Icerya* vivant sur *Spartium*, alors qu'ils déciment ceux se trouvant sur d'autres végétaux, tels les Agrumes et les Mimosées par exemple. PICARD rapporte que les chenilles de Piéride du Chou ne sont pas également parasitées suivant qu'elles évoluent sur les Crucifères ou sur le Caprier. Le feuillage du Figuier jouerait peut-être aussi un certain rôle dans l'attirance des parasites sur les phytophages qui vivent à ses dépens.

Il peut fort bien ne pas y avoir dépôt direct par le parasite de ses œufs dans ou sur le corps même de l'hôte, mais, au contraire, ponte sur un support intermédiaire (Tachinaires). Les conditions d'infestation des hôtes deviennent alors très particulières et demandent à être étudiées avec beaucoup de soin.

Enfin, comme exemple de polyphagie larvaire plus étendue que celle des adultes, signalons que les *Sphégiens* sont très stricts pour le choix de leurs proies, mais qu'au contraire leurs larves le sont beaucoup moins. Il faut donc dans les recherches tenir compte du stade du parasite qui se déplace. En général, chez les Hyménoptères, il n'y a que l'adulte. Au contraire, chez les Coleoptères et les Diptères prédateurs, adultes et larves se déplacent, naturellement dans des proportions souvent très variables d'une espèce à l'autre.

IV. — REMARQUES SUR LA « SÉQUENCE » OU ASSOCIATION DE PARASITES POUR UN MÊME HÔTE

Nous n'avons envisagé pour la Teigne que l'étude d'un seul parasite, bien que nous pensons qu'il y ait avantage à importer plusieurs espèces consécutivement. Nous donnons ici quelques remarques sur les associations des parasites à réaliser.

FISKE (1) pense qu'une « séquence » de parasites, c'est-à-dire qu'un ensemble d'espèces s'attaquant aux différents stades de l'hôte, est nécessaire

(1) FISKE (W. F.). — Parasites of the Gypsy and Brown-Tail Moth introduced into Massachusetts (Boston, 1910.)

pour limiter une espèce et pour maintenir son taux de pullulation à une valeur très basse; HOWARD et FISKE cherchèrent ainsi à établir aux Etats-Unis autour du Gipsy-Moth et du Brown-Tail-Moth une « séquence » aussi complète que celle existant naturellement en Europe autour de ces deux espèces. THOMPSON estime au contraire qu'un tel ensemble n'est pas indispensable et qu'un petit nombre d'espèces suffisamment efficaces de par leur biologie, peut fort bien suffire; la limitation d'un Phytophage n'étant qu'une question de temps et de rapports entre les abondances initiales des hôtes et des parasites (1).

PICARD, pour la Piéride, rapporte que sur un ensemble assez considérable de parasites, quelques espèces se montrent presque toujours plus actives que les autres; parmi elles tantôt l'une, tantôt l'autre prédomine; les mêmes faits ont été observés pour la Teigne des Pommes de terre en Californie, pour l'Anthonome du Cotonnier en Louisiane, pour la Pyrale du Maïs en Europe par exemple. Tous les parasites n'agissant pas avec la même efficacité suivant les régions et suivant les années, il semble qu'une association restreinte, formée d'un certain nombre d'espèces seulement, serait la meilleure des solutions vers lesquelles on doit tendre.

Les introductions en masse portant sur un nombre considérable d'espèces se sont révélées dangereuses. Les travaux faits aux Etats-Unis sur le Brown-Tail Moth et le Gipsy Moth mirent en évidence toute l'importance de l'hyperparasitisme et les inconvénients que présentent pour les importations les espèces ayant cette dangereuse tendance. D'autre part, les recherches plus récentes faites aux Iles Hawaï sur *Ceratitis capitata* révèlent les dangers du coparasitisme, c'est-à-dire de la gêne que plusieurs parasites d'un même hôte s'apportent les uns aux autres; gêne aboutissant finalement à un abaissement assez sensible de l'efficacité parasitaire totale.

Pour obvier à ces inconvénients, il est prudent de n'importer qu'un nombre limité d'espèces en choisissant de préférence celles attaquant des stades différents de l'hôte à combattre.

La détermination d'avance des espèces vraisemblablement les plus efficaces, en permettant d'éviter des introductions regrettées après coup, se montre comme devant être fort utile à tous égards. Aussi en fin d'étude résumerons nous rapidement les principaux éléments qui nous paraissent devoir permettre de l'aborder.

V. — DIRECTIVES A SUIVRE POUR LE CHOIX DES ESPÈCES (2).

Au début d'un travail d'importation on se bornera à l'établissement autour de l'espèce à limiter d'un groupement restreint de parasites. Ce

(1) THOMPSON (W. R.). — A criticism of the « Sequence » Theory of Parasitic control (*Ann. of Entom. Soc. America* Vol. XVI n° 2 In 1923).

(2) Pour plus de détails sur ces questions on consultera avec avantage divers travaux résumant les essais d'utilisation de parasites étrangers entrepris jusqu'à ce jour.
Comme travaux de base nous trouvons donnant les recherches effectuées jusqu'en 1907 : MARCHAL,

premier groupement ne sera que progressivement élargi et suivant les besoins, en opérant avec précautions et par études préliminaires. Les parasites pourraient, par exemple, être choisis parmi ceux agissant sur des stades différents de l'hôte, ou se montrant efficaces dans des conditions de milieu différentes.

Le premier caractère à envisager dans le choix des espèces, nous paraît devoir être celui du maintien facile, car c'est un de ceux se trouvant à la base même de l'activité de tout parasite; s'il est nécessaire il n'est pourtant pas suffisant. Comme point de départ on doit donc prendre :

Etude du milieu : abondance de l'hôte et ses fluctuations; influence du mode de culture des plantes hôtes sur cette évolution; différences entre ce milieu et celui dans lequel les recherches de parasites sont effectuées; rôle des individus aberrants, de la polyphagie occasionnelle ou de la spécificité stricte de l'espèce parasite dans sa persistance.

Ensuite devront être examinés les points suivants :

Synchronie ou asynchronie de cycle évolutif entre parasite et l'hôte (Etude du mode d'évolution de l'hôte : générations chevauchantes ou groupées; hôte apparaissant par invasions rapides et importantes).

Activité parasitaire; ses modalités et ses variations. (Biologie de l'hôte et du parasite : stade vulnérable et stade actif, leur durée; distribution des pontes dans le temps; totalité des pontes; vulnérabilité de l'hôte dans la nature; pouvoir de recherche du parasite).

Possibilités de surparasitisme (destruction indirecte d'une espèce par ses individus mêmes) et de coparasitisme (destruction par les individus d'autres espèces parasitant le même hôte). Leur moment d'apparition et leur jeu. (Examiner le coparasitisme dans le pays où les recherches sont faites et dans celui où l'application aura lieu) (1).

Hyperparasites et tendance d'une espèce à devenir hyperparasite (espèce s'attaquant secondairement à des parasites plus importants qu'elle) (2).

Sensibilité différentielle de l'hôte et des divers parasites pour le climat (aires de répartition et d'activité, exigences climatiques).

Utilisation des Insectes auxiliaires Entomophages, dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'Agriculture; et résumant la majorité de celles effectives jusqu'en 1903, du même auteur : Les Sciences biologiques appliquées à l'Agriculture aux Etats-Unis. Des documents fort complets sur toutes les expériences tentées jusqu'à 1910 sont données aussi par HOWARD et FISKE au début de leur travaux de ces dernières années, citons ceux de Berlese sur la *Prosaltella* (La Destruction de la *Diaspis pentagona* a mezzo della *Prosaltella Berlesesi*. — *R. Staz.-di. Entom. Agr. de Firenze* 1914), ceux de MARCHAL et VUILLET sur l'*Ucerya Purchasi* et le *Novius Cardinalis* et enfin les importantes recherches faites par SILVESTRI, PEMBERTON, WILLARD, FULLOWAY sur *Ceratitis capitala* aux îles Hawaï et dont P. VAYSSIÈRE a donné un résumé dans la Revue Générale des Sciences (n° 1 janvier 1921). Comme travaux importants actuellement en cours citons ceux sur le Puceron Lanigère et le Dacus en France; sur la Pyrale du Maïs en Amérique et en France.

(1) FISKE (W. F.). — Surparasitisme : an important factor in the natural control of insects (*Journ. of Econ. Entom.* 1910).

SMITH (H. S.). An attempt to Redefine the Host relationships exhibited by Entomophagous Insects (*Journ. of Econ. Entom.* 1916).

(2) Se méfier des Tetrastichines (MARCHAL) et parfois aussi des Chalcidiens en général.

Possibilités pour une espèce importée de s'hybrider avec des espèces indigènes voisines et de disparaître ainsi par englobement, ses caractères propres l'ayant fait rechercher ne subsistant pas chez les métis obtenus.

Pouvoir de dissémination de l'hôte et du parasite; mobilité des individus (Importance dans la propagation et la disparition des invasions; influence dans ce cas de la parthénogénèse, de la longévité des femelles, de la durée du cycle évolutif et de la possibilité d'accouplements répétés).

Espèces à action se complétant, soit qu'elles attaquent des stades différents de l'hôte soient qu'elles agissent dans des conditions différentes de climat ou de pullulation de l'hôte.

En général, l'observation suivie des espèces dans leur pays origine constituera la base essentielle des choix. L'abondance numérique d'une espèce est un indice précieux, mais qui ne doit pas être seul envisagé; d'autres indices doivent le compléter, car l'observation a pu être faite dans des conditions toutes locales ou momentanées. L'observation du rôle joué par les divers parasites à la fois dans la limitation constante d'un hôte et à la fois dans la destruction d'une invasion rapide de celui-ci se montrera toujours très instructive et fournira de précieux documents.

La liste de caractères que nous indiquons ici est forcément très incomplète, car nous ne pouvons songer à envisager tous les cas particuliers pouvant se présenter dans la nature; ce qui d'ailleurs, nous ferait sortir du cadre que nous nous sommes fixé pour la présente étude.

Sauf toutefois pour l'un d'entre eux qui est toujours nécessaire et qu'en conséquence nous avons isolé au début, le maintien, nous n'avons pas cru pouvoir classer les caractères biologiques des Entomophages par ordre d'importance; il nous a paru impossible de dire que toujours tel caractère est toujours plus important que tel autre, tout nous semblant devoir être une question de cas particuliers (1). Pour chaque exemple considéré, ce sont certains caractères formant une série particulière qui agissent avec prépondérance; encore dans chaque série des éléments s'enchaînent, se complètent, s'annulent, si bien qu'en dernier lieu ce sont parfois des caractères peu fréquents qui viennent à présenter la priorité d'importance et à dominer en quelque sorte tous les autres par leur action. Signalons

(1) H. S. SMITH, en étudiant les facteurs dont il faut tenir compte pour l'utilisation des entomophages pense pouvoir donner la classification générale suivante des facteurs importants :

- 1° Comparaison des capacités de reproduction de l'hôte et des parasites principaux;
- 2° Pouvoir de déplacement des phytophages et de leurs agresseurs;
- 3° Ensemble et succession de parasites utiles;
- 4° Possibilité d'élever ou d'obtenir en grandes quantités les parasites;
- 5° Prix de revient des élevages par rapport au bénéfice apporté;
- 6° Présence de parasites secondaires dans les faunes locales;
- 7° Pratiques culturales défavorables.

SMITH (H. S.). — On some phases of Insect Control by the Biological Method. (*Journ. of. econ. Entom.* 1919.)

Nous n'envisageons pas dans notre étude les facteurs 4 et 5, ne considérant seulement ici que l'acclimatation de parasites et non l'utilisation par l'emploi d'élevage de libérations artificielles. problème économique se posant différemment.

à cet effet, l'exemple si intéressant de l'*Encyrtus fuscicollis*, parasite des Hyponomeutes.

L'*Encyrtus* présente la propriété de développement polyembryonnaire. Nous n'avons pas indiqué nommément ce caractère dans notre tableau, parce que nous l'avons considéré comme trop rare; il ne faudrait pas en déduire qu'il ne doit être que secondaire. Les faits tout au contraire montrent qu'en permettant à l'*Encyrtus* une puissance de multiplication des plus intense, la possibilité de développement polyembryonnaire fait que cette espèce, bien que synchrone et très spécialisée, soit un des plus remarquables limitateur des Hyponomeutes, hôte évoluant pourtant par générations groupées et subissant des fluctuations numériques d'amplitude et de promptitude souvent extraordinaires.

Les notions indiquées dans le présent chapitre ne constituent que des remarques générales et ne doivent nullement être envisagées comme visant à constituer une théorie complète, rigide et fixe des techniques d'acclimations d'Insectes entomophages étrangers. Ce ne sont essentiellement que des indications découlant des expériences effectuées jusqu'à ce jour, et dont il nous a paru devoir être utile de tenir compte à l'avenir dans les travaux à entreprendre; elles seront à compléter peu à peu avec les nouveaux documents acquis. Nous ne les avons réunies et données en résumé ici, que devant une nécessité de mise en relief des faits principaux dans la masse des faits particuliers accumulée, puis de groupement, de classification et même de simplification pour étude méthodique, élément par élément, des enseignements qu'elle renferme, nécessité se montrant impérieuse si nous voulons d'une part utiliser les innombrables documents actuellement acquis et d'autre part poursuivre les recherches plus avant encore.

RÉSUMÉ & CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Résumé des recherches sur la Teigne des Pommes de terre. — Le foyer d'établissement de la Teigne en France (littoral du département du Var), ne s'est pas sensiblement étendu depuis 1911, une diminution de la pullulation de la Teigne est même à noter. La cause doit en être recherchée dans une réduction importante de la production locale en pommes de terre d'arrière-saison et dans l'application assez généralisée des mesures de préservation des récoltes emmagasinées préconisées par PICARD (couverture des tas avec du sable ou des algues sèches par exemple). Sur le foyer actuel, la Teigne persiste à l'état endémique et cause des pertes importantes toutes les fois que de trop abondantes cultures d'été sont entreprises. Son aire d'envahissement peut s'élargir lentement, et englober tout le littoral de la Méditerranée. Les possibilités actuelles d'apparition de nouveaux foyers se montrent des plus réduites. L'invasion de la Teigne présenterait des conséquences économiques particulièrement graves si elle avait lieu dans certaines régions méridionales, grosses productrices de pommes de terre d'arrière-saison, telle la basse vallée de la Durance.

La question de la lutte contre la Teigne peut donc se présenter un jour ou l'autre avec une acuité beaucoup plus grande qu'aujourd'hui.

Les procédés culturaux nous offrent une première série de moyens permettant de limiter les dégâts de la Teigne. Les procédés de conservation des tubercules ayant été établis par PICARD, nous nous sommes attachés à l'étude de ceux qui permettent de prévenir l'attaque des récoltes sur pied avant l'arrachage. Nous avons reconnu que dès avant leur maturité, les tubercules pouvaient être contaminés sous terre par des papillons et des chenilles migratrices descendant par les fissures du sol. Aussi, avons-nous été conduit à conseiller les mesures de protection suivantes : plantations profondes, préférence à donner aux sols se fendillant peu (sols sablonneux), buttages répétés, arrachages précoces.

Les insecticides, en raison de l'insuffisante connaissance de leur mode d'action physiologique et des modalités de vie fort particulières de la Teigne, ne peuvent encore fournir des procédés d'application courante. Leur prix de revient élevé et l'incertitude où nous nous trouvons quant

aux bénéfiques à en espérer ne les rendent utilisables que dans des cas fort spéciaux comme ceux, par exemple, de l'extinction de foyers nouvellement formés,

L'étude des procédés permettant l'utilisation maximum de la lutte biologique pour la limitation naturelle de la pullulation de la Teigne, présentait ici un intérêt tout particulier. Nous l'avons donc envisagée en détail.

Les parasites indigènes limitant actuellement la pullulation de la Teigne sont peu nombreux, leur efficacité totale est très inférieure à celle présentée par les parasites californiens de la même espèce. Comme il ne semble pas que de nouvelles adaptations puissent s'effectuer à l'avenir sur notre territoire, une introduction en France des parasites californiens apparaît avantageuse.

Un de ces parasites les plus intéressants est l'*Habrobracon Johannseni*, espèce à action frénatrice élevée, même dans les conditions assez spéciales de la culture, et à activité régulière d'une année à l'autre. Nous avons envisagé son utilisation en France.

Les recherches poursuivies à cet effet nous ont montré que l'*Habrobracon* a un cycle évolutif rapide (12 jours l'été), une période de ponte très étendue (30 jours l'été), un grand pouvoir de destruction vis-à-vis de la Teigne (100 chenilles environ pour la nourriture et la ponte), et une ponte abondante (200 œufs environ). Il se multiplie beaucoup plus rapidement que la Teigne. Les hôtes sont découverts aisément lors même qu'ils se présentent dans des emplacements d'accès difficile et ils sont attaqués, quelle que soit la position de leur face vulnérable. Les femelles peuvent s'alimenter directement sur les chenilles et, par la suite, n'ont pas à redouter la famine pendant les périodes de sécheresse. L'espèce résiste aisément au froid; elle peut, par polyphagie, se maintenir occasionnellement sur des hôtes divers.

L'*Habrobracon* se montre capable de limiter la Teigne d'une façon continue et de subjuguier rapidement les invasions qui pourraient se dessiner, même s'il se trouve en grande infériorité numérique de début. Il semble même que sa présence puisse prévenir toute velléité de pullulation par trop importante de la Teigne.

L'*Habrobracon* s'élève aisément en captivité, ce qui faciliterait beaucoup les travaux d'acclimatation et permettrait de ne pas recourir à ce moment, à des importations considérables, toujours très onéreuses.

La rareté relative actuelle de la Teigne, outre qu'elle ne rend pas nécessaire une acclimatation immédiate de l'*Habrobracon*, soumettrait un tel essai à des aléas importants. La mise au point par avance des techniques à utiliser, est avant tout une mesure de sage prudence et un gage de l'efficacité des parasites, le cas d'invasion échéant : plus promptement ceux-ci seraient alors dispersés et plus rapidement apparaîtrait leur action.

A vrai dire une réduction plus grande encore de ces délais d'efficacité inhérents à toute lutte biologique nouvellement instituée, eut pu être obtenue par une acclimatation dès à présent de l'*Habrobracon*; le parasite s'établissant peu à peu pendant une période de non besoin impérieux, se serait trouvé sur place lors d'une invasion de la Teigne, et serait ainsi immédiatement entré en action, sans avoir à passer par les délais que nécessite toujours la mise en œuvre d'une technique, même préparée à l'avance. Les dégâts, qui apparaissent souvent dans les périodes de recrudescence d'un insecte nuisible, eussent pu ainsi se trouver atténués d'une façon appréciable.

Malgré la rareté actuelle de la Teigne, la polyphagie dont est doué l'*Habrobracon*, semblait rendre un tel essai biologiquement possible; il est d'ailleurs à remarquer que l'*Habrobracon* se maintient en Californie dans des conditions de dissémination de son hôte, très analogues à celles qui se présentent chez nous.

Dans ce sens, il nous a paru intéressant de tenter un essai même en petit, juste en prolongeant quelque temps nos élevages d'études, les aléas encourus ne permettant pas d'envisager une installation complète, nécessairement onéreuse. Mais ces conditions opératoires devinrent bientôt précaires; aussi les recherches dans cette voie ne purent-elles être poursuivies. Seulement plusieurs centaines d'*Habrobracon* furent libérés à diverses reprises dans les champs, mais ce nombre nous paraît être beaucoup trop insuffisant pour pouvoir correspondre à une acclimatation.

Les différents procédés établis pour la limitation de la Teigne, opérant chacun sur des parties différentes de l'évolution de cette mineuse, se complètent mutuellement et peuvent être appliqués tous ensemble. Les parasites limitant la Teigne sur ses foyers de maintien et lors de son évolution d'été sur les feuilles, apportent une première réduction intéressante de pullulation de cette mineuse; ils diminuent les chances de contamination des tubercules. Les procédés culturaux et de conservation des tubercules en deviendront plus efficaces et pourront alors suffire pour permettre l'obtention des tubercules à peu près sains à la récolte et pour en assurer leur conservation dans de bonnes conditions. On ne peut compter uniquement sur les parasites pour apporter à eux seuls une réduction suffisante des dégâts de la Teigne. Ils ne constituent qu'un élément d'un ensemble de moyens dont seule l'application totale peut conduire aux résultats désirés.

Si la possibilité venait à être reconnue pour la Teigne d'envahir tout le territoire français et d'y généraliser ses dégâts, le problème posé se présenterait d'une façon toute différente et comporterait d'autres solutions. Les effets de la concurrence commerciale de région indemne à région envahie ne jouant plus alors, l'emploi de procédés de lutte beaucoup plus onéreux deviendrait avantageux et pourraient entrer dans le cadre de la pratique courante. Nous n'avons pas cru avoir à envisager l'étude sous un

tel jour, l'éventualité de la généralisation de la Teigne nous paraissant fort peu probable.

Distribution géographique et taux de pullulation d'un Insecte. —

La Teigne ne se rencontrant sur la Pomme de terre que dans des régions fort limitées et disséminées sans ordre apparent à la surface du globe, nous offre un exemple intéressant de répartition géographique différentielle d'un Insecte par rapport à sa plante hôte. Ne présentant pas les mêmes exigences climatériques que la Pomme de terre, la Teigne a une aire de vie possible ne se superposant avec celle de son hôte qu'en des régions très limitées; souvent assez distantes les unes des autres.

Nous avons vu aussi comment le taux de pullulation de la Teigne est réglé géographiquement par le jeu d'un ensemble de facteurs limitateurs naturels : climat, carence alimentaire, et lutte biologique. Les deux premiers facteurs seuls sont importants en France, ils agissent presque partout, soit isolément, soit ensemble, souvent comme éliminateurs ou limitateurs très efficaces. Pourtant pour certaines régions très réduites, ils se montrent en défaut tous deux à peu près en même temps, et laissent alors à la Teigne une possibilité de multiplication très abondante.

Tropismes chez les Insectes phytophages. — Adaptation d'une espèce à un nouveau régime. — Les facteurs qui conduisent les papillons de la Teigne à se diriger vers les Solanées, seules plantes sur lesquelles ils pondent, nous ont été révélés comme très puissants; ils permettent, en effet, aux femelles, de trouver aisément les tubercules de Pommes de terre, même sous terre et à des périodes de l'année où le feuillage encore vert de ces plantes exerce sur elles une attraction assez considérable.

Divers essais nous montrèrent qu'il n'était pas possible d'amener, au moins expérimentalement, la Teigne à évoluer exclusivement sur la fécule, un des principaux constituants des tubercules de Pommes de terre. Il n'y aurait donc pas lieu de craindre pour l'Industrie l'apparition un jour ou l'autre d'une Teigne de la fécule, apparition se faisant par un changement de régime analogue à ceux observés chez d'autres espèces en particulier pour l'*Ephestia Kuehniella*, mineuse évoluant primitivement sur des Graminées mais qui passa secondairement à une évolution exclusive sur la farine. Cette heureuse difficulté de changement de vie pour la Teigne, proviendrait de trop grandes différences physico-chimiques entre les tubercules de Pommes de terre et la fécule; l'amidon non seulement ne serait pas indispensable aux chenilles pour leur évolution, mais encore présenté seul ne constituerait pas un aliment suffisant.

Biologie des Hyménoptères parasites. (Accouplement, Evolution sur des hôtes enfermés dans des loges closes; Réflexe de la piqure; Imperfections d'instincts; Polyphagie). — La lumière provoque l'accouplement chez l'*Habrobracon* comme elle le fait chez beaucoup d'Hyménoptères. Mais ici elle agit non seulement par son intensité, mais encore par sa nature même. Ainsi, la lumière solaire rendue légèrement diffuse par le passage à travers une vitre blanchie à la chaux, change de propriétés à cet égard.

Dans les modalités de vie de l'*Habrobracon*, nous avons aussi trouvé des faits nouveaux; tels la possibilité d'évolution de l'espèce sur des hôtes enfermés dans des loges closes tout en conservant certaines habitudes paraissant à première vue incompatibles avec ces conditions de vie : l'alimentation directe des adultes sur les victimes et la ponte directe sur celles-ci. Une matière mucilagineuse sécrétée autour de la tarière étendue dans la position de piqure et se figeant sur place, constitue une tubulure qui permet aux femelles de sucer à distance comme dans un chalumeau les suc s'échappant des blessures faites aux hôtes. La même matière, lors des pontes, enrobe les œufs et sert à leur acheminement le long d'une longue et fine tarière. Le dépôt des œufs dans les positions les plus diverses est ainsi rendu possible; même une femelle opérant complètement renversée parvient à hisser ses œufs verticalement de bas en haut sur un hôte situé à plusieurs millimètres au-dessus d'elle. Confirmées par des observations simultanées mais faites sur d'autres espèces, retrouvées depuis plusieurs fois, ces particularités biologiques semblent jouer un rôle assez important dans le mode de vie des Hyménoptères parasites et permettre une extension de la vie parasitaire sur de nombreux hôtes apparemment protégés.

Nous avons reconnu que chez l'*Habrobracon* le réflexe de la piqure des victimes avec la tarière, est sous la dépendance de l'olfaction; il se produit même lorsque les victimes se trouvent complètement cachées sous des feuilles de papier mince. Nous trouvons ainsi une confirmation de faits analogues établis il y a peu de temps par PICARD chez un autre parasite.

L'olfaction joue un rôle important dans le déterminisme de la ponte, elle s'ajoute alors comme influence à celle du contact de l'extrémité de la tarière avec le corps de la victime. Pourtant cette dernière influence ne paraît pas indispensable, puisque parfois des pontes ont lieu sans avoir été précédées de piqures.

Nous avons pu étudier assez en détail sur l'*Habrobracon* certaines imperfections d'instincts fréquentes chez les Hyménoptères, telles que le surparasitisme et l'invariabilité du mode de distribution des pontes avec les conditions de répartition des hôtes. Une femelle d'*Habrobracon* ne disposant que d'un très petit nombre d'hôtes ne réduira en nombre ni ses

prélèvements alimentaires, ni ses pontes, bien qu'en agissant ainsi elle condamne infailliblement toute sa progéniture à une prompte mort par famine. Inversement, si une période de disette succède à une période de famine, les pontes ne seront nullement augmentées, proportionnellement au nombre des hôtes disponibles, ceux-ci resteront en majeure partie inattaqués. Il suffit donc que la Teigne, tout en conservant la même abondance numérique évolue par générations non transgressantes pour qu'aussitôt l'activité frénatrice de l'*Habrobracon* s'abaisse considérablement et ne se montre plus que peu importante. Quand les générations deviennent chevauchantes, son action s'élève très rapidement. L'*Habrobracon*, en détruisant la majorité des individus aberrants apparaissant entre les périodes d'abondance, empêche la Teigne de se présenter rapidement avec des générations chevauchantes. D'autre part, il se multiplie alors fort peu car ses pontes, mal distribuées, conduisent au surparasitisme. En un mot, par son action propre, l'*Habrobracon* contribue à la persistance des conditions d'interaction parasitaire lui étant les plus défavorables, et ralentit leur tendance naturelle à se modifier rapidement en de plus avantageuses à son égard.

Lors de l'étude de la polyphagie de l'*Habrobracon*, nous avons essayé expérimentalement en utilisant la famine, et déterminer des femelles à attaquer des hôtes non habituels. Chose curieuse pour certains de ces hôtes occasionnels, aussitôt la première gorgée alimentaire prélevée grâce à un tube de succion régulièrement établi, la femelle se sauve brusquement et ne revient plus jamais sur eux même pour esquisser le moindre mouvement de piqûre. Pour d'autres hôtes occasionnels, au contraire, piqûres, succions et même pontes, se succèdent et se répètent normalement. Il y a là une cause naturelle de restriction à la polyphagie, cause à rapprocher d'autres déjà connues comme, par exemple, de la destruction des œufs ou des larves par phagocytose ou par enkystement dans le corps des hôtes accidentels.

Interactions parasitaires. — Malgré une biologie totalement différente de celle de son hôte, l'*Habrobracon* présente, vis-à-vis de celui-ci, une action frénatrice à la fois intense, régulière et capable de s'exercer dans la majorité des cas se présentant dans la nature. Son étude indique nettement tous les avantages d'un parasite polyphage occasionnel et asynchrone dans la limitation d'un hôte à générations chevauchantes et à fluctuations numériques importantes.

L'étude des interactions parasitaires par graphiques s'est montrée commode; elle permet surtout des comparaisons intéressantes. Nous nous sommes servi pour chacun des deux Insectes de courbes d'évolution numérique construites en suivant la descendance d'un couple dans le temps. Les courbes les plus instructives ne sont pas celles qui correspondent à une estimation des espèces d'après le nombre d'individus parvenus au

même stade, mais au contraire celles relatives pour chaque espèce au stade prenant part à l'interaction : stade vulnérable pour l'hôte et stade actif pour le parasite.

Dans l'étude de l'influence des conditions initiales sur l'issue d'une interaction parasitaire, nous trouvons des faits inattendus. Ainsi, plus l'abondance de la Teigne est considérable au début, plus vite relativement cette espèce se trouve subjuguée par l'*Habrobracon* (1). Cette notion curieuse et presque paradoxale nous ayant d'abord été révélée par les élevages, se rattache à des questions de variations importantes dans la puissance frénatrice d'un parasite suivant les conditions d'évolution des hôtes dans le temps.

A l'inverse des faits constatés pour la majorité des Insectes étudiés jusqu'à présent, la Teigne échappe à une destruction presque totale par l'*Habrobracon*, non pas par des pontes échelonnées, mais, au contraire, grâce à des pontes globales. Ses individus se présentant à leur stade vulnérable en grand nombre le même jour, se trouvent être beaucoup moins atteints par les parasites que s'ils apparaissaient successivement par petits groupes.

Comme remarques générales sur la façon d'étudier les interactions parasitaires, citons d'abord la très grande importance que présentent souvent divers caractères biologiques des Insectes, caractères qui n'ont pas toujours été bien mis en évidence, tels la durée de vulnérabilité de l'hôte, la durée d'activité du parasite, le mode de répartition dans le temps des pontes de l'un et de l'autre, l'évolution par générations chevauchantes ou groupées, les destruction d'hôtes effectuées par les parasites pour leur alimentation propre.

En général, les caractères biologiques les plus importants dans les interactions parasitaires sont très variables d'un exemple à l'autre; pour un même hôte, ils varient avec les parasites et inversement pour un même parasite ils varient avec les hôtes; aussi nous paraît-il difficile que l'on puisse réunir tant de caractères d'importances si diverses selon les cas envisagés dans une même formule à la fois générale et complète. Les formules d'étude assez simples tenant compte des facteurs généralement importants ne seront pourtant pas à rejeter, elles peuvent fréquemment donner de précieuses indications préliminaires pour des travaux en cours ou à l'étude.

Il a souvent été reconnu dans des invasions de phytophages, que les parasites après être demeurés longtemps inactifs ou peu actifs entrent brusquement en jeu et arrivent alors en très peu de temps à subjuguer complètement leur hôte. L'étude de phénomènes de cet ordre se présentant entre la Teigne et l'*Habrobracon* montre qu'un certain nombre d'exemples

(1) Il faut que les générations soient chevauchantes, condition généralement remplie dans la nature. Naturellement ces phénomènes n'ont lieu que dans certaines limites; l'on ne peut augmenter indéfiniment le nombre des hôtes.

pourraient être expliqués par des questions de changements progressifs de forme d'évolution de l'hôte, changements qui feraient suivre à des conditions d'évolution peu favorables au parasitisme d'autres conditions se montrant au contraire des plus favorables. Ainsi lorsque la Teigne évolue par générations groupées l'*Habrobracon* ne peut jouer qu'un faible rôle limitateur. Ce rôle augmente d'importance au fur et à mesure que les générations deviennent chevauchantes; à un certain moment les conditions deviendront telles que l'*Habrobracon* pourra déployer toute son activité parasitaire; en très peu de temps, il anéantira alors son hôte, résultat dont il se montrait incapable auparavant. Remarquons toutefois que l'*Habrobracon* de par son mode d'activité, loin de faciliter ce changement naturel de forme d'évolution de son hôte, le retarde au contraire.

Acclimations d'Insectes entomophages étrangers (1). — Les conditions assez spéciales dans lesquelles nous devons opérer pour établir une limitation de la Teigne par des parasites, nous incitèrent à étudier l'importance de la polyphagie et de l'asynchronisme de cycle évolutif dans l'efficacité des Insectes entomophages.

Nous reconnaissons que la polyphagie se rencontre fréquemment chez les Entomophages et que, souvent, elle joue un rôle important dans le maintien des espèces surtout dans les périodes pendant lesquelles les conditions d'évolution de leurs hôtes principaux s'y montrent défavorables, périodes apparaissant fréquemment chez les espèces soumises à de perpétuelles fluctuations numériques de grande amplitude et avec des minima d'abondance très faibles. Un tel mode d'évolution se rencontre souvent chez les Phytophages attaquant les plantes cultivées; dans la majorité des cas, il est en rapport avec les façons culturales subies par les plantes hôtes. Le parasite polyphage pendant les périodes de rareté de son hôte principal, peut persister et même se maintenir sous une certaine abondance numérique par évolution temporaire sur des hôtes secondaires divers; au

(1) Parmi les techniques d'élevage que nous avons été amenés à constituer, certaines pourront être avantageusement reprises pour l'étude ou l'élevage d'autres Hyménoptères parasites.

Les élevages par couples isolés nous ont donné de très précieux renseignements au début des études. Toutes les fois qu'il sera possible, on ne saurait trop recommander leur emploi. (V. p. 85.)

Avec un matériel approprié, cages divisées en compartiments, il est possible de faire vivre ensemble des hôtes et des parasites d'exigences biologiques différentes, certains même étant totalement opposées. Une fois bien mis au point, ces élevages dits « mixtes », sont de conduite facile et donnent une production en parasites élevée et régulière. En outre, ils se prêtent très bien aux expériences, toujours de longue durée, se rattachant aux études des interactions biologiques. (Voir p. 92.)

Les élevages à phases biologiques séparées permettant des productions très élevées de parasites et offrent en même temps un matériel d'une rare commodité pour l'expérimentation. (Voir technique page 87.)

Des foyers permanents de maintien et de dispersion de parasites peuvent être obtenus en installant directement les élevages dans des pièces aménagées intérieurement en grandes cages d'élevages. (Voir p. 88.)

moment où cet hôte principal recommence à pulluler, il ne se trouve pas en grande infériorité numérique vis-à-vis de lui et peut ainsi entrer en action sans retard; parfois même il présentera de ce fait un certain avantage de nombre ce qui lui permettra de subjuguier beaucoup plus rapidement son hôte. Dans des périodes de minimum d'abondance des hôtes, le parasite spécifique strict se trouvant éliminé de toute une région ou très réduit comme abondance, ne peut agir efficacement dès le début d'un commencement de pullulation de ces hôtes; il risque de laisser l'invasion croître librement pendant un certain temps avant de commencer à agir utilement.

Dans les cas assez spéciaux, tel celui présenté par la Teigne, d'un Insecte nouvellement importé dans un pays et encore à ses débuts d'invasion, mais qui, par suite de conditions locales toutes particulières ne se montre que peu important et surtout peu abondant, l'utilisation de polyphages pourrait présenter certains avantages; entre autres, ces espèces étant capables de s'établir, même dans des conditions de milieu peu favorables pourraient être introduites très précocement.

Nous pensons que pour les importations, les parasites polyphages occasionnels non seulement ne sont pas à rejeter comme on l'a dit souvent, mais encore méritent d'être pris en considération à égalité de titre avec les spécifiques stricts; parfois même ils leur seront préférés; tout dépend des conditions de milieu dans lesquelles on se propose d'opérer et aucune règle absolue en faveur de l'une ou l'autre catégorie ne semble devoir être formulée. D'une façon générale, on peut dire que, pour un hôte à pullulation constante assez élevée, le spécifique sera à préférer, alors que pour un hôte à grandes fluctuations numériques ou à évolution très contrariée par la culture, c'est le polyphage occasionnel qui semble devoir être le plus indiqué.

Pour la question de la synchronie de cycle évolutif entre un hôte et ses parasites, nous voyons que des parasites asynchrones peuvent fort bien être placés parmi les plus utiles. Capables en effet de se multiplier beaucoup plus rapidement que leur hôte et de les devancer comme nombre en peu de temps, certains d'entre eux sont susceptibles de se montrer des plus actifs pour décimer dans les brefs délais une invasion de phytophages malgré une grande infériorité de début. Une seule restriction doit être faite pour les hôtes à générations non chevauchantes, hôtes pour lesquels l'efficacité des parasites asynchrones se montre très capricieuse bien que souvent encore importante.

L'asynchronie de cycle évolutif est particulièrement avantageuse pour les parasites dont les hôtes sont soumis à de très rapides et très importantes fluctuations numériques. Les parasites asynchrones complètent alors avantageusement l'action, parfois plus continue, des espèces synchrones.

D'une façon générale, on peut remarquer qu'avant d'entreprendre une

acclimatation, il y aura lieu d'étudier très en détail les conditions de milieu du pays où les recherches sont effectuées et celles du pays où l'on se propose d'utiliser les Entomophages rencontrés, puis de comparer soigneusement ces conditions entre elles. Souvent elles diffèrent par de nombreux points, aussi les espèces reconnues comme les plus efficaces sous les premières par exemple, pourront n'avoir qu'une activité médiocre dans les secondes et réciproquement, les plus avantageuses dans les secondes, ne seront peut-être reconnues que de deuxième ordre dans les premières; il est utile de tenir compte des variations probables d'efficacité des parasites, lors du choix des espèces.

Si l'on désire n'importer qu'un nombre limité d'espèces, ce que l'expérience semble conseiller, ou réduire la part du hasard dans les essais, on se basera pour le choix des espèces sur l'étude comparative d'un ensemble de caractères. Le maintien assuré est un des premiers à envisager. Comme souvent les conditions de maintien naturel des Insectes sont très modifiées par la culture et se trouvent plutôt rendues défavorables pour les parasites, il sera fréquemment utile d'étudier dans les pays où les recherches sont effectuées comment les différentes espèces rencontrées se maintiennent et continuent à agir lorsque leur hôte vient à faire défaut temporairement puis à pulluler peu après très rapidement.

Remarques générales (1). — L'étude des conditions de pullulation de la Teigne, c'est-à-dire des rapports que cette espèce présente avec le milieu, principalement avec ses hôtes et ses parasites, montre toute la complexité de phénomènes réglant l'évolution numérique d'une espèce animale dans le temps. Non seulement les éléments du milieu biologique sont liés avec ceux du milieu physico-chimique par un ensemble de lois fort complexe, mais encore ils sont unis entre eux par d'innombrables interactions des plus diverses tant par leur nature que par leurs modalités, interactions pouvant être, selon les cas, directes ou indirectes, réciproques ou à sens déterminé, solidaires ou indépendantes, s'ajoutant parfois et d'autres fois s'annulant. La complexité de cet ensemble, l'insuffisance de nos connaissances sur les éléments et les facteurs le composant, le nombre presque illimité de ceux-ci et la nécessité de discerner parmi eux les plus importants dans chaque cas particulier, puis de les classer par ordre de valeur, apportent des difficultés particulières aux études de biologie surtout lorsqu'on désire interpréter les conclusions obtenues pour passer à des applications.

En effet, l'utilisation d'un phénomène, biologique ou de toute autre nature, repose essentiellement sur l'établissement entre certaines séries de phénomènes, de relations ou lois de dépendance et de succession. Ces relations doivent être suffisamment strictes pour que, disposant de certains phénomènes, soit qu'ils apparaissent et s'accomplissent naturellement, soit que nous les provoquions, nous soyons toujours à peu près certains d'obtenir dans les mêmes conditions opératoires les mêmes successions de résultats, que ces résultats soient semblables ou seulement très approchants. C'est la possibilité de prévoir et parfois de guider, qui différencie l'utilisation de l'exploitation pure et simple.

Les études de Biologie ne doivent donc pas être uniquement limitées au relevé des faits se déroulant autour de nous et à la notation très détaillée de leur ordre de succession; c'est déjà là une première base très importante, mais qui doit être complétée. Comme une tendance actuelle, de plus en plus nette l'indique, nous devons après l'observation, viser à la connaissance du déterminisme de cause à effet entre les séries de phénomènes relevés; à la fixation dans chaque série des déterminismes particuliers et surtout à l'établissement des éléments qui jouent dans la marche d'ensemble des phénomènes un rôle *nécessaire, suffisant* ou à la fois l'un et l'autre. Sans leur connaissance, il ne peut y avoir établissement de relations. C'est la notion fort spéciale de « Temps » qui doit être envisagée en dernier lieu comme étant des plus importante, bien que des plus difficile à étudier.

(1) Ces remarques se trouvent réunies avec nos études de début sur le milieu, en une brochure intitulée : *Considérations générales sur les Sciences Biologiques appliquées à l'agriculture* (Entomologie). M. Mendel, éditeur, Paris.

Beaucoup des relations biologiques sur lesquelles reposent l'Agronomie, ont été établies empiriquement au cours des civilisations. Aussi ne portent-elles encore le plus souvent que sur la connaissance d'effets secondaires plus ou moins importants, mais facilement observables, et non sur celle des véritables éléments agissant. Ce ne sont fréquemment encore que des relations d'ordre de succession plutôt que des relations de cause à effet. Il suffit d'ailleurs que ces relations se vérifient dans la majorité des cas où nous les appliquons pour que pratiquement les phénomènes qu'elles envisagent deviennent utilisables. Mais leur valeur pratique dépend beaucoup de leur rigueur, les facteurs négligés étant la cause d'exceptions ou de rendements faibles, le degré d'utilisation auquel elles conduisent est en rapport avec leur degré d'approximation par rapport aux lois véritables. La recherche de celles-ci, l'interprétation de relations établies empiriquement et leur remplacement par de plus exactes est la base même des progrès.

Le plus souvent encore en Biologie nous n'avons pu établir que les relations simples unissant seulement quelques éléments; de nouvelles se précisent chaque jour, aussi commençons-nous à en avoir un ensemble assez complet. Par contre, celles comportant beaucoup de facteurs importants, ou celles réunissant plusieurs lois simples ne nous sont connues que d'une façon fort approximative et encore très peu ont pu être fixées. Un petit nombre seulement des unes et des autres se montrent assez générales, beaucoup ne sont que particulières.

Pour l'étude, nous pouvons parfois sans inconvénients séparer un élément ou un phénomène biologique de ceux l'entourant et l'envisager alors isolément ou seulement dans ses rapports avec un petit nombre d'autres. Pour l'application, surtout lorsqu'on opère sur un milieu complexe comme un champ, il n'en est plus de même et nous devons considérer l'élément dans tous ses rapports avec le milieu, dans toutes ses interactions biologiques ou physico-chimiques; nous devons opérer avec des lois comportant beaucoup de facteurs importants. Les problèmes posés alors ne présentent plus de limites bien définies et les restreindre largement serait les dénaturer et risquer de n'obtenir que des résultats particuliers et, par cela même, ne répondant pas aux conditions demandées.

Comme nous l'indiquions, beaucoup de facteurs ou d'éléments importants nous sont encore inconnus ou peu connus; lorsque plusieurs agissent en même temps, leurs interactions deviennent si complexes qu'elles se montrent difficiles à démêler. Une certaine réserve doit donc toujours être apportée aux résultats d'études préliminaires, quelle que soit leur nature, et l'on ne peut conclure définitivement sur la valeur d'une recherche d'amélioration d'un équilibre biologique, qu'après l'expérience d'une mise en pratique prolongée.

Mais les difficultés d'analyse, les réserves à apporter aux résultats de

recherches préliminaires, l'incertitude dans laquelle nous nous trouvons encore pour beaucoup d'entre elles quant à la meilleure façon de les aborder, ne doivent pourtant pas nous conduire à renoncer aux études approfondies et à leur préférer des recherches très générales suivies dans les plus brefs délais d'essais de mise au point effectués surtout par tâtonnements empiriques répétés un grand nombre de fois jusqu'à l'obtention, par hasard, du résultat désiré.

L'expérience montre que la réalisation d'essais ne doit pas être entreprise trop hâtivement; des études sommaires peuvent fort bien ne pas nous révéler par avance des facteurs de non réussite, et surtout nous indiquer à temps certains éléments pouvant se retourner contre nous, éléments dont il est toujours prudent de ne pas expérimenter inconsidérément l'importance dans la réalité. La culture de la Vigne nous a donné à ce sujet de bien cruels enseignements; il importe de ne pas les oublier.

Fait à l'Institut des Recherches Agronomiques

(Station Entomologique de Paris),

Février 1924.

BIBLIOGRAPHIE (1)

1915. Bestrijding van toa-toh buiten den tabakstijd. (*Meded. v. h. Deli Proefst.*, n° 3, p. 83-85, Medan.)
1923. CHESQUIÈRE (J.). — La Teigne des Pommes de terre au Congo belge. (*Ann. Gembloux*, n° 2, fév.)
1912. CHITTENDEN. — The Potato Tuber Moth. (*U. S. Dep. Agr. B. of. Entomo. Cir.* 162.)
1920. CURRIER (D. L.). — Damage to Tomato es by the Potato Tuber Moth. (*Mthly Bull. Cal. State. Dep. Agri.*, n° 3, p. 91-93, Sacramento.)
1918. DE ONG (E. R.). — The Potato Tuber Moth. (*Mthly. Bull. Cal. State. Commis. Hort.*, n° 4, p. 198-201, Sacramento.)
1914. DUTT (H. L.). — Potato Storage Work in Bihar and Orissa in 1913. (*Bihar and Orissa Agri. Jl.*, p. 48-68, Patna.)
1920. FIGUERA (C. S.). — Meriposas perjudiciales. Las Polillas de la Papa. (*Sery Policia Sanit. Vej.*, Santiago.)
1913. FLETCHER (T.). — Report of the Imperial Entomologist. (*Rept. Agri. Reaseach. Inst. Col.*, Pusa.)
1913. FRENCH (C. Jr.). — Insect Pests of the Potato. (*Jl. Dept. Agric. of Victoria*, p. 729-748, Melbourne.)
1915. FRENCH (C.). — The Potato Moth. (*Jl. Dep. Agri. Victoria*, n° 10, p. 614-618, Melbourne.)
1914. FULLOWAY (D. J.). — Tobacco Insects in Hawaï. (*Hawaï Agri. Expt. Sta. Bull.* n° 34, Honolulu.)
1919. GABOTTO (L.). — La Tignuola della Patata. (*Rev. Agric. Parma. T.* XXV, n° 32.)
1917. GRAF (J. E.). — The Potato Tuber Moth. (*U. S. Dep. Agri. Bull.* 427, Washington.)
1917. HONING (J. A.). — The Destruction of Tobacco Plants after Harversting a necessary measure against *Phthorimæa operculella*. (*Med. Deli. Proefstation*, n° 8, p. 207, Medan.)
1919. KASERGODE (R. S.). — Potato Preservation in the Bombay Presidency. (*Rept. Proc. 3 rd Entom. Meeting*, Pusa.)
1921. LICHTENSTEIN (J. L.) et GRASSÉ (P.). — La Teigne de la Pomme de terre dans le département de l'Hérault. (*Bull. Soc. Ent. Fr.*, n° 18, p. 267.)
1920. MACKIE (D. B.). — Report of Field Entomologist (Los Angeles). (*Mthly. Bull. Cal. Dept. Agri.*, n° 10-11, Sacramento.)
1919. MARCHAL (P.). — Rapport sommaire sur la Station Entomologique de Paris et l'Insectarium de Menton. (*Ann. Epiph.*, T. VI, p. 33-8.)
1921. MARCHAL (P.). — Rapport sommaire sur la Station Entomologique de Paris et l'Insectarium de Menton. (*Ann. Epiph.*, T. VII, p. 423.)
1922. MARCHAL (P.). — Rapport sommaire sur la Station Entomologique de Paris et l'Insectarium de Menton. (*Ann. Epiph.*, T. VIII, p. 315.)
1923. MARCHAL (P.). — Rapport sommaire sur la Station Entomologique de Paris et l'Insectarium de Menton. (*Ann. Epiph.*, T. IX, p. 361.)
1917. MAZIÈRES (A. DE). — Culture de la Pomme de terre sur le littoral et les régions élevées pendant et après la guerre. (*Rev. Hortie. de l'Algérie.*)

(1) Cette bibliographie ne comprend que les principaux travaux relatifs à la Teigne des Pommes de terre ou à ses parasites parus depuis 1912, la bibliographie antérieure à cette date étant donnée par PICARD dans son mémoire sur la Teigne des Pommes de terre. Des indications détaillées jusqu'en 1918 se trouvent dans les travaux de GRAF.

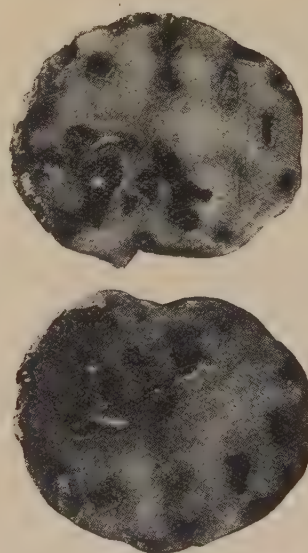
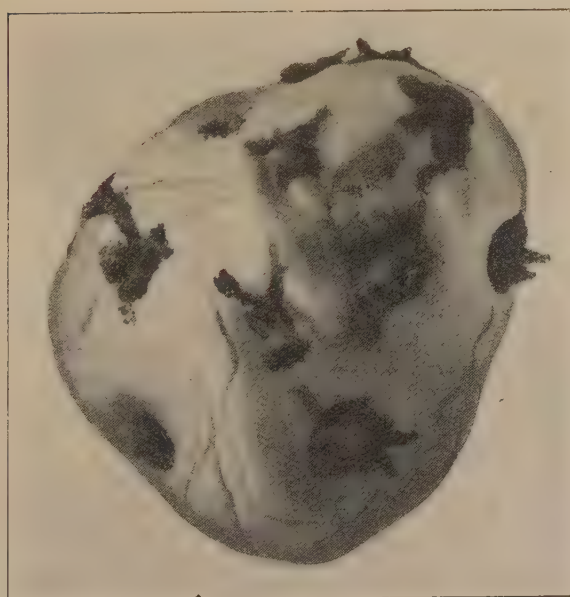
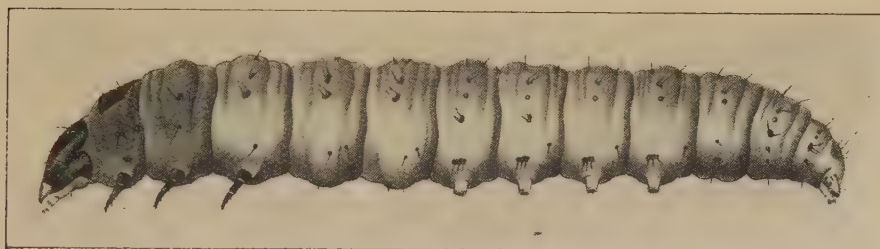
1913. MENDES. — Lepidopteros mais 'damnhos à agricultura nos arredores de S. Fiel. (Portugal). (*Broteria, Salamanca Ser. Zool.*, p. 40-44.)
 1919. MILLER (D.). — The Economic Bearing of Hover Flies New Zealand. (*Jl. Agr.*, XVII, n° 3, Wellington.)
 1914. MORGAN (A. C.) and CRUMB (S. E.). — The Tobacco Splitworm. (*Bull. 46, Dep. Agri.*, Washington.)
 1920. NEWMAN (L. J.). — Potato Insects Pests. (*Western Australia Dept Agri. Bull. 72*, Perth.)
 1912. PICARD (F.). — La Teigne des Pommes de terre (*Phthorimæa operculella* Zell). (*Ann. Serv. Epiph. T. I*, p. 106-176.)
 1918. PICARD (F.). — A propos de *Phthorimæa operculella* et ses commensaux (*Bull. Soc. Ent. Fr.*, p. 270.)
 1919. POUTIERS (R.). — La Teigne de la Pomme de terre. (*Rev. Hortic. de l'Algérie*.)
 1913. SASSCER (E. R.) and PIERCE (W. D.). — Preliminary Report on the finding of a new Weevil Enemy of the Potato Tuber. (*Proc. Entom. Soc.*, n° 3, p. 143-144, Washington.)
 1917. SCHLUPP (W. F.). — The Potato Tuber Moth. (*Union S. Africa dep. Agr. Bull. 4*, Pretoria.)
 1918. SCHLUPP (W. F.). — Potato Tuber Moth. (*Union S. Africa Dept. Agri. Press-circul. n° 42*, Pretoria.)
 1913. STOWARD. — The Insensitivity of the life-forms of the Potato Moth to various Poisons. (*Australasian Ass. for the advancement of science*, Melbourne.)
 1913. TAYLOR. — The Production of Bright Tobacco by the Flue and air Curing Processes. (*Agri. Jl. Union of South Africa*, p. 880-909.)
 1917. TAYLOR (H. W.). — Tobacco Seed-beds. (*Union of S. Africa Dept. Agri. Bull. n° 7*, Pretoria.)
 1921. TROUVELOT (B.). — Observations biologiques sur l'*Habrobracon Johannseni* Vier. (*C. R. Soc. Biol.*, p. 1022.)
 1922. TROUVELOT (B.). — La Teigne de la Pomme de terre. Moyens de lutte. Acclimatation d'un auxiliaire. (*Revue d'histoire naturelle appliquée*, Vol. III, n° 4.)
 1923. TROUVELOT (B.). — Observations sur le mode de ponte de l'*Habrobracon Johannseni*, Hyménoptère parasite de la Teigne des Pommes de terre. (*C. R. Soc. de Path. Végét. et Ent. Agr. Congrès Strasbourg*, 1923.)
-

PLANCHE I.

Papillon les ailes étalées (très grossi).

Chenille (très grossie).

Tubercules attaqués (aspect extérieur et coupe).



Clichés FIGARD
(Ann. Epiph., T. I, 1913)

Biologie de la Teigne des Pommes de terre.

PLANCHE II.

- 1) Plaquette de liège portant des cocons de la Teigne et quelques cocons de l'*Habrobracon* (blancs).

Dispositif employé pour les études biologiques.

Les points noirs correspondent aux trous d'éclosion des *Habrobracon*.

- 2) Chenilles de la Teigne ayant été parasitées par des larves de l'*Habrobracon*; au-dessous, cocons les recouvrant et servant en même temps d'abri général aux cocons des *Habrobracon* (éclos).

- 3) Cocons d'*Habrobracon* tissés sur une pomme de terre attaquée par la Teigne.

- 4) Petit paquet de mousse provenant des élevages et ayant servi de support à un grand nombre de cocons de la Teigne et de l'*Habrobracon*.

Très vulnérables, ceux-ci furent en presque totalité parasités (Noter les nombreux petits cocons blancs de l'*Habrobracon* qui les accompagnent).

- 5) Paquet de feuilles de papier portant des cocons de l'*Habrobracon*.

Dispositif employé pour le transport et la dissémination des parasites.

- 6 et 7) Feuilles de papier servant dans les élevages de support aux cocons de la Teigne et à ceux de l'*Habrobracon*.

Celle de gauche est vue par sa face inférieure; elle présente 150 trous d'éclosion pour une superficie d'environ 10 cm² (légèrement réduite ici). Elle permet de se rendre compte de la rapidité de multiplication de l'*Habrobracon* dans les élevages sur feuilles de papier.



Biologie de l'*Habrobracon Johannseni* Vier.

PLANCHE III.

Fig. 1. — Dernier modèle de cage construit pour les élevages.

La partie gauche contient les étagères portant les tubercules attaqués. Elle est rendue obscure par des rideaux mobiles en papier. A droite, petite cagette communiquant avec la partie précédente et munie d'un tube pour la capture des parasites.

Remarquer la forme de l'écran de papier noir. Sous cette cagette, tubes de verre contenant des parasites adultes prêts à être expédiés dans les champs pour les dispersions.

Fig. 2. -- Petite cage d'élevage de l'*Habrobracon* montrant les claies portant les tubercules et les dispositifs de trappes de verre et de manches de mouseline pour les manipulations.

Modèle employé à Paris. (Voir dessin, p. 93).

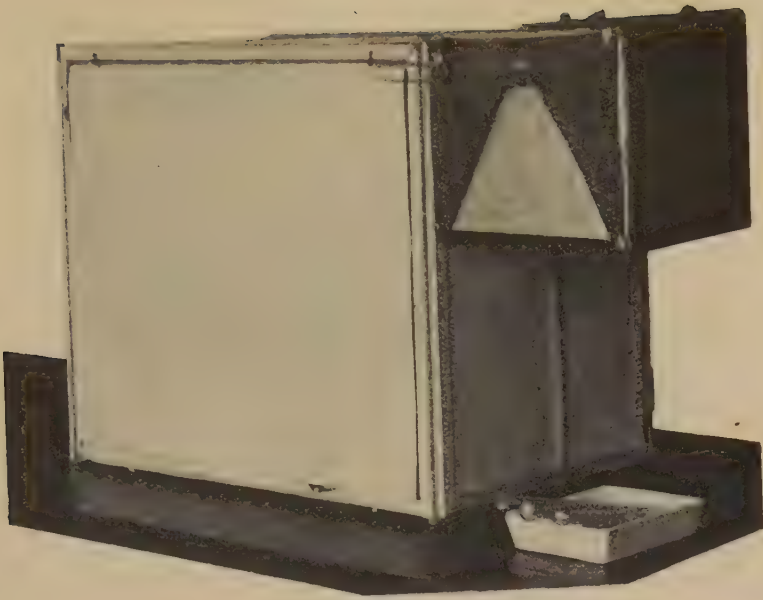


Fig. 1.

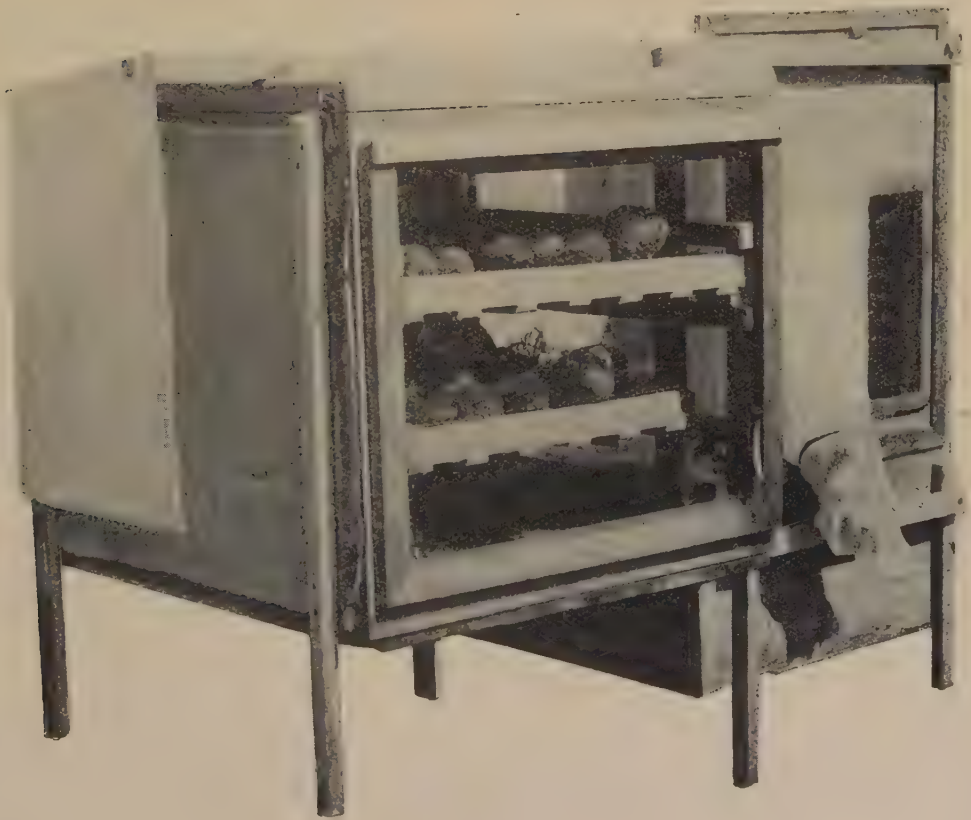


Fig. 2.

Cages pour l'élevage de l'*Habrobracon*.

PLANCHE IV.

Fig. 1. — Vue intérieure de la pièce aménagée à Carqueiranne (Var) pour les élevages de l'*Habrobracon*.

La principale cage est placée devant la fenêtre; elle comprend trois compartiments; les deux latéraux sont obscurs et contiennent les tubercules, celui du centre au contraire est très éclairé.

Les manipulations se font par les petites manches de mousseline. (Voir dessins p. 95).

Remarquer la forme ovale donnée aux fenêtres afin de faciliter la capture des insectes pouvant s'évader dans la pièce.

Fig. 2. — Une des cages en tarlatane utilisée dans les expériences sur le mode de contamination des récoltes sur pied par la Teigne.

Fig. 3. — Grande cage en mousseline servant à recouvrir nos élevages d'études et ayant permis de les isoler dans le laboratoire.

L'opérateur pénètre en partie dans la cage grâce à une large manche en mousseline montée sur un soufflet dépliant placé en porte à faux.

La cage est fixée sur la table.



Fig. 1



Fig. 2.



Fig. 3.

Élevages d'étude. — Quelques dispositifs employés.

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

ZOOLOGIE. — *Le venin et l'appareil venimeux chez les Ophidiens.*

BOTANIQUE — *Les produits de réserve chez les végétaux.*

Vu et approuvé :

Paris, le 7 Avril 1924.

Le Doyen de la Faculté des sciences,

M. MOLLIARD.

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

P. APPELL.



LIBRAIRIE SPÉCIALE AGRICOLE DE L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE
58, rue Claude-Bernard, 58 - PARIS (V^e)

IMPRIMERIE DE LA

Téléphone : Gobelins 45-54